

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

IN RE APPLICATION OF: Kiyoshi TAKEKOSHI, et al.

GAU:

SERIAL NO: NEW APPLICATION

EXAMINER:

FILED: HERewith

FOR: RELIABILITY EVALUATION TEST APPARATUS, RELIABILITY EVALUATION TEST SYSTEM,
CONTACTOR, AND RELIABILITY EVALUATION TEST METHOD

REQUEST FOR PRIORITY

COMMISSIONER FOR PATENTS
ALEXANDRIA, VIRGINIA 22313

SIR:

☒ Full benefit of the filing date of International Application Number PCT/JP02/12348, filed NOVEMBER 27, 2002, is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §120.

☐ Full benefit of the filing date(s) of U.S. Provisional Application(s) is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119(e): Application No. Date Filed

☒ Applicants claim any right to priority from any earlier filed applications to which they may be entitled pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119, as noted below.

In the matter of the above-identified application for patent, notice is hereby given that the applicants claim as priority:

COUNTRY

APPLICATION NUMBER

MONTH/DAY/YEAR

Japan

2001-367268

November 30, 2001

Certified copies of the corresponding Convention Application(s)

☒ are submitted herewith

☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee

☐ were filed in prior application Serial No. filed

☐ were submitted to the International Bureau in PCT Application Number

Receipt of the certified copies by the International Bureau in a timely manner under PCT Rule 17.1(a) has been acknowledged as evidenced by the attached PCT/IB/304.

☐ (A) Application Serial No.(s) were filed in prior application Serial No. filed ; and

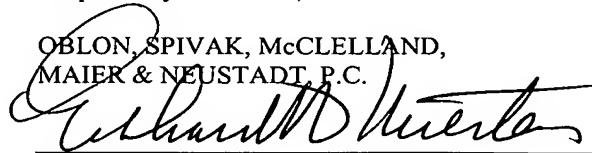
☐ (B) Application Serial No.(s)

☐ are submitted herewith

☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee

Respectfully Submitted,

OBLON, SPIVAK, McCLELLAND,
MAIER & NEUSTADT, P.C.



Eckhard H. Kuesters

Registration No. 28,870

Customer Number

22850

Tel. (703) 413-3000
Fax. (703) 413-2220
(OSMMN 05/03)

EHK:fbf

I:\USER\FBLAZ\PCT BY-PASS\251152.REQ.PRIORITY.DOC

JAPAN PATENT OFFICE

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2001年11月30日
Date of Application:

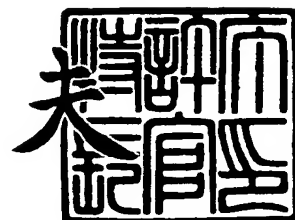
出 願 番 号 特願 2 0 0 1 - 3 6 7 2 6 8
Application Number:
[ST. 10/C] : [J P 2 0 0 1 - 3 6 7 2 6 8]

出 願 人 東京エレクトロン株式会社
Applicant(s): 株式会社東芝
イビデン株式会社

2004年 1月 9日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康



出証番号 出証特 2 0 0 3 - 3 1 1 0 2 5 2

【書類名】 特許願

【整理番号】 JP012158

【あて先】 特許庁長官 及川 耕造 殿

【国際特許分類】 H01L 21/68

【発明者】

【住所又は居所】 東京都港区赤坂五丁目3番6号 TBS放送センター
東京エレクトロン株式会社内

【氏名】 竹腰 清

【発明者】

【住所又は居所】 東京都港区赤坂五丁目3番6号 TBS放送センター
東京エレクトロン株式会社内

【氏名】 保坂 久富

【発明者】

【住所又は居所】 東京都港区赤坂五丁目3番6号 TBS放送センター
東京エレクトロン株式会社内

【氏名】 萩原 順一

【発明者】

【住所又は居所】 東京都港区赤坂五丁目3番6号 TBS放送センター
東京エレクトロン株式会社内

【氏名】 初鹿 国彦

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株式会社東芝
横浜事業所内

【氏名】 臼井 孝公

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株式会社東芝
横浜事業所内

【氏名】 金子 尚史

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市磯子区新杉田町 8 番地 株式会社東芝
横浜事業所内

【氏名】 早坂 伸夫

【発明者】

【住所又は居所】 岐阜県揖斐郡揖斐川町北方 1 - 1 イビデン株式会社
大垣北事業所内

【氏名】 井戸 義幸

【特許出願人】

【識別番号】 000219967

【氏名又は名称】 東京エレクトロン株式会社

【代表者】 東 哲郎

【特許出願人】

【識別番号】 000003078

【氏名又は名称】 株式会社東芝

【代表者】 岡村 正

【特許出願人】

【識別番号】 000000158

【氏名又は名称】 イビデン株式会社

【代表者】 岩田 義文

【代理人】

【識別番号】 100096910

【弁理士】

【氏名又は名称】 小原 肇

【電話番号】 045(476)5454

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 064828

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9203553

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 信頼性評価試験装置、信頼性評価試験システム、コンタクタ及び信頼性評価試験方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 コンタクタと電氣的に一括接触した半導体ウエハを収納し且つ測定部との間で試験用信号を授受する気密、断熱構造の収納部を備え、上記測定部からの試験用信号に基づいて半導体ウエハの信頼性を試験する装置であって、上記収納部において上記コンタクタを押圧する押圧機構と、この押圧機構を介して上記コンタクタと一括接触する上記半導体ウエハを所定の高温度に加熱する加熱機構とを備え、加速条件下で上記半導体ウエハに形成された多層配線の配線及び絶縁膜の信頼性を評価することを特徴とする信頼性評価試験装置。

【請求項 2】 上記収納部は、上記半導体ウエハを載置する断熱構造の載置台と、この載置台を囲み且つ上記コンタクタと電氣的に接触する接続リングと、この接続リングと電氣的に接触し且つ上記測定部からの試験用信号を授受する配線基板とを有することを特徴とする請求項 1 に記載の信頼性評価試験装置。

【請求項 3】 上記接続リング上に上記コンタクタと接触して上記収納部内を外部から封止するシール部材を設けると共に、上記収納部内に不活性ガス及び／または還元性ガスを供給する手段を設けたことを特徴とする請求項 2 に記載の信頼性評価試験装置。

【請求項 4】 上記押圧機構は、上記コンタクタを押圧する押圧板と、この押圧板に下端が連結されたベローズと、このベローズの上端に連結された昇降可能な支持体と、これらの部材内に気体を圧入する手段とを有することを特徴とする請求項 1 ～請求項 3 のいずれか 1 項に記載の信頼性評価試験装置。

【請求項 5】 上記加熱機構は、上記半導体ウエハ全面を下面側から均一に加熱し且つ上記載置台を兼ねる加熱体を有することを特徴とする請求項 1 ～請求項 4 のいずれか 1 項に記載の信頼性評価試験装置。

【請求項 6】 上記加熱体は、上記半導体ウエハの中央部を加熱する第 1 加熱部と、第 1 加熱部を囲み上記半導体ウエハの外周縁部を加熱する第 2 加熱部を有することを特徴とする請求項 5 に記載の信頼性評価試験装置。

【請求項 7】 上記加熱機構は、上記半導体ウエハ全面を上面側から加熱する補助加熱体を有することを特徴とする請求項 5 または請求項 6 に記載の信頼性評価試験装置。

【請求項 8】 上記測定部はエレクトロマイグレーション測定部及びリーク電流測定部を有することを特徴とする請求項 1 ～請求項 7 のいずれか 1 項に記載の信頼性評価試験装置。

【請求項 9】 上記各測定部を交互に切り換える切換機構を設けたことを特徴とする請求項 8 に記載の信頼性評価試験装置。

【請求項 10】 上記エレクトロマイグレーション試験時に、直流、パルス直流、交流の三種の電流を印加する機能を有することを特徴とする請求項 8 または請求項 9 に記載の信頼性評価試験装置。

【請求項 11】 上記半導体ウエハ上に形成された複数の試験パターンをグループ分けし、同時に 5 グループ以上の信頼性評価試験を行う試験パターンのグループピング機能を有することを特徴とする請求項 1 ～請求項 10 のいずれか 1 項に記載の信頼性評価試験装置。

【請求項 12】 上記コンタクトと半導体ウエハの間に異方性導電性シートを介在させることを特徴とする請求項 1 ～請求項 11 のいずれか 1 項に記載の信頼性評価試験装置。

【請求項 13】 上記測定部は、上記半導体ウエハ内の 100 個以上の半導体素子について同時に信頼性評価試験を行うことを特徴とする請求項 1 ～請求項 12 のいずれか 1 項に記載の信頼性評価試験装置。

【請求項 14】 上記ウエハ収納部は、上記半導体ウエハを 160℃以上の温度に維持する断熱構造を有することを特徴とする請求項 1 ～請求項 13 のいずれか 1 項に記載の信頼性評価試験装置。

【請求項 15】 上記コンタクトは耐熱性基板を有し、上記耐熱性基板の熱膨張率が 1 ～ 50 ppm/℃であることを特徴とする請求項 1 ～請求項 14 のいずれか 1 項に記載の信頼性評価試験装置。

【請求項 16】 コンタクトと半導体ウエハとを一括接触させるアライナーと、このアライナーにおいて一括接触した上記コンタクトと上記半導体ウエハをそ

のまま搬送できる搬送具と、この搬送具を介して一体化して収納された上記半導体ウエハの信頼性評価試験を行う、請求項 1 ～請求項 1 5 のいずれか 1 項に記載の信頼性評価試験装置とを備えたことを特徴とする信頼性評価試験システム。

【請求項 1 7】 上記アライナーと上記信頼性評価試験装置をデータ通信可能に構成したことを特徴とする請求項 1 6 に記載の信頼性評価試験システム。

【請求項 1 8】 上記アライナーは上記半導体ウエハを試験結果に基づいて観察する顕微鏡を有することを特徴とする請求項 1 6 または請求項 1 7 に記載の信頼性評価試験システム。

【請求項 1 9】 上記搬送具は上記コンタクタ及び上記半導体ウエハを一体化するための磁石を有することを特徴とする請求項 1 6 ～請求項 1 8 のいずれか 1 項に記載の信頼性評価試験システム。

【請求項 2 0】 上記搬送具は、磁気回路と、この磁気回路を開閉する開閉手段とを有し、上記開閉手段を介して励磁、消磁して一体化した上記コンタクタ及び上記半導体ウエハを吸着し、脱離させることを特徴とする請求項 1 6 ～請求項 1 8 のいずれか 1 項に記載の信頼性評価試験システム。

【請求項 2 1】 耐熱性基板と、この耐熱性基板上に形成された導体回路とを備え、1 6 0℃以上の温度で信頼性評価試験を行う際に使用されるコンタクタであって、上記耐熱性基板の熱膨張率が 1 ～5 0 p p m/℃であることを特徴とするコンタクタ。

【請求項 2 2】 上記導体回路はバンプを有することを特徴とする請求項 2 1 に記載のコンタクタ。

【請求項 2 3】 上記耐熱性基板は、耐熱性樹脂、金属、半導体及びセラミックの中から選択される少なくとも一種から形成されてなることを特徴とする請求項 2 1 または請求項 2 2 に記載のコンタクタ。

【請求項 2 4】 上記信頼性評価試験を行う際に導通する部分を除いた表面に絶縁性被膜を設けたことを特徴とする請求項 2 1 ～請求項 2 3 のいずれか 1 項に記載のコンタクタ。

【請求項 2 5】 半導体ウエハとコンタクタを電氣的に一括接触させ、上記半導体ウエハについて異なった信頼性評価試験を同時に行うことを特徴とする信頼性

評価試験方法。

【請求項 2 6】 半導体ウエハとコンタクタを電氣的に一括接触させた状態で、半導体ウエハを 1 6 0 ℃以上に加熱した後、加圧し、電気を導通させ、上記半導体ウエハについて信頼性評価試験を行うことを特徴とする信頼性評価試験方法。

【請求項 2 7】 上記半導体ウエハ内の 1 0 0 以上の半導体素子について同時に信頼性評価試験を行うことを特徴とする請求項 2 5 または請求項 2 6 に記載の信頼性評価試験方法。

【請求項 2 8】 上記信頼性評価試験としてエレクトロマイグレーション試験及び／またはリーク電流試験を行うことを特徴とする請求項 2 5 ～請求項 2 7 のいずれか 1 項に記載の信頼性評価試験方法。

【請求項 2 9】 上記半導体ウエハ面内を 1 6 0 ～ 3 5 0 ℃の範囲内で ± 2 . 0 ℃以内の温度分布に制御することを特徴とする請求項 2 5 ～請求項 2 8 のいずれか 1 項に記載の信頼性評価試験方法。

【請求項 3 0】 上記半導体ウエハと上記コンタクタを不活性ガス雰囲気または還元性ガス雰囲気に置くことを特徴とする請求項 2 5 ～請求項 2 9 のいずれか 1 項に記載の信頼性評価試験方法。

【請求項 3 1】 酸素濃度が 1 0 0 p p m 以下であることを特徴とする請求項 2 5 ～請求項 3 0 のいずれか 1 項に記載の信頼性評価試験方法。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】

本発明は、信頼性評価試験装置、信頼性評価試験システム、コンタクタ及び信頼性評価試験方法に関し、更に詳しくは半導体ウエハ内に形成された多数の半導体素子を一括接触させた半導体ウエハ内の半導体素子の多層配線を形成する配線及び絶縁膜の信頼性評価試験を行う信頼性評価試験装置、信頼性評価試験システム、コンタクタ及び信頼性評価試験方法に関する。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

半導体検査工程では半導体ウエハ（以下、「ウエハ」と称す。）の表面に多数形

成された半導体素子（以下、「デバイス」と称す。）についてウエハレベルで電気的特性検査を行い、電気的特性に欠陥のないチップをスクリーニングしている。その後、検査の最終工程として、ウエハをダイシングした後、各デバイスについて加速条件下でウエハ内の多層配線のエレクトロマイグレーション試験や同一面内及び上下の配線間のリーク電流試験等の信頼性評価試験を行う。

【0 0 0 3】

信頼性評価試験を行う場合には、試験用のパッケージを作製し、デバイスをパッケージングする。引き続き、例えば 7 0 個程度のパッケージを加熱炉内で所定の高温（例えば、3 0 0 ℃）下で各デバイスについて信頼性評価試験を行う。

【0 0 0 4】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、従来のように加熱炉内で信頼性評価試験の場合にはウエハをダイシングした後、試験用パッケージを作製し、この試験用パッケージを用いて各デバイスをパッケージングするため、ウエハのダイシング、試験用パッケージの作製及び各デバイスのパッケージングに相当の期間と費用が必要になるという課題があった。更に、従来の加熱炉では一度に数 1 0 個のパッケージ、換言すれば数 1 0 個のデバイスしか試験を行うことができないという課題があった。

【0 0 0 5】

また、例えば銅、銅合金等の酸化しやすい金属配線を有するデバイスの場合には、加熱炉内を不活性ガス雰囲気にするが、加熱炉は気密性に劣り、例えば銅配線の酸化を防止する程度まで酸素濃度を下げることができない。そのため、銅配線の場合には、銅配線のパッド部のみならずパッド部を介して銅配線そのものが酸化してしまうため、ウエハサンプル作製時に酸化防止用のアルミパッド層を銅パッド部に追加しなくてはならない。また、複数種のサンプルを試験する場合には、その種類に応じてダイシング方法及びワイヤーボンディング箇所を工夫しなくてはならない等の問題もあった。従って、信頼性評価試験結果が出るまでに 3 週間以上という長時間を要するという課題があった。

【0 0 0 6】

更に、信頼性上重要なパラメータや様々な試験パターンと関連した依存性等は、

何回も試験を行って試験データを取得しなければならないため、試験効率に劣るという課題があった。また、例えば、エレクトロマイグレーション試験の場合には、エレクトロマイグレーションにより発生したボイドの場所を一つずつ観察し、その観察結果をその後のプロセス開発にフィードバックするが、この観察時には試験用パッケージを一つ一つ解体してそれぞれのデバイスを取り出し、ボンディングワイヤーを取り外した後、デバイスを顕微鏡で観察するという多大な労力と時間を要するという課題があった。

【0007】

本発明は、上記課題を解決するためになされたもので、半導体素子をウエハレベルで信頼性評価試験を迅速且つ効率良くしかも高い信頼性を持って行うことができると共に信頼性評価試験に要する労力及び費用を格段に低減することができる信頼性評価試験装置、信頼性評価試験システム、コンタクタ及び信頼性評価試験方法を提供することを目的としている。

【0008】

【課題を解決するための手段】

本発明の請求項1に記載の信頼性評価試験装置は、コンタクタと電氣的に一括接触した半導体ウエハを収納し且つ測定部との間で試験用信号を授受する気密、断熱構造の収納部を備え、上記測定部からの試験用信号に基づいて半導体ウエハの信頼性を試験する装置であって、上記収納部において上記コンタクタを押圧する押圧機構と、この押圧機構を介して上記コンタクタと一括接触する上記半導体ウエハを所定の高温度に加熱する加熱機構とを備え、加速条件下で上記半導体ウエハに形成された多層配線の配線及び絶縁膜の信頼性を評価することを特徴とするものである。

【0009】

また、本発明の請求項2に記載の信頼性評価試験装置は、請求項1に記載の発明において、上記収納部は、上記半導体ウエハを載置する断熱構造の載置台と、この載置台を囲み且つ上記コンタクタと電氣的に接触する接続リングと、この接続リングと電氣的に接触し且つ上記測定部からの試験用信号を授受する配線基板とを有することを特徴とするものである。

【0010】

また、本発明の請求項3に記載の信頼性評価試験装置は、請求項2に記載の発明において、上記接続リング上に上記コンタクトと接触して上記収納部内を外部から封止するシール部材を設けると共に、上記収納部内に不活性ガス及び／または還元性ガスを供給する手段を設けたことを特徴とするものである。

【0011】

また、本発明の請求項4に記載の信頼性評価試験装置は、請求項1～請求項3のいずれか1項に記載の発明において、上記押圧機構は、上記コンタクトを押圧する押圧板と、この押圧板に下端が連結されたベローズと、このベローズの上端に連結された昇降可能な支持体と、これらの部材内に気体を圧入する手段とを有することを特徴とする信頼性評価試験装置。

【0012】

また、本発明の請求項5に記載の信頼性評価試験装置は、請求項1～請求項4のいずれか1項に記載の発明において、上記加熱機構は、上記半導体ウエハ全面を下面側から均一に加熱し且つ上記載置台を兼ねる加熱体を有することを特徴とするものである。

【0013】

また、本発明の請求項6に記載の信頼性評価試験装置は、請求項5に記載の発明において、上記加熱体は、上記半導体ウエハの中央部を加熱する第1加熱部と、第1加熱部を囲み上記半導体ウエハの外周縁部を加熱する第2加熱部を有することを特徴とするものである。

【0014】

また、本発明の請求項7に記載の信頼性評価試験装置は、請求項5または請求項6に記載の発明において、上記加熱機構は、上記半導体ウエハ全面を上面側から加熱する補助加熱体を有することを特徴とするものである。

【0015】

また、本発明の請求項8に記載の信頼性評価試験装置は、請求項1～請求項7のいずれか1項に記載の発明において、上記測定部はエレクトロマイグレーション測定部及びリーク電流測定部を有することを特徴とするものである。

【0016】

また、本発明の請求項 9 に記載の信頼性評価試験装置は、請求項 8 に記載の発明において、上記各測定部を交互に切り換える切換機構を設けたことを特徴とするものである。

【0017】

また、本発明の請求項 10 に記載の信頼性評価試験装置は、請求項 8 または請求項 9 に記載の発明において、上記エレクトロマイグレーション試験時に、直流、パルス直流、交流の三種の電流を印加する機能を有することを特徴とするものである。

【0018】

また、本発明の請求項 11 に記載の信頼性評価試験装置は、請求項 1 ～請求項 10 のいずれか 1 項に記載の発明において、上記半導体ウエハ上に形成された複数の試験パターンをグループ分けし、同時に 5 グループ以上の信頼性評価試験を行う試験パターンのグルーピング機能を有することを特徴とするものである。

【0019】

また、本発明の請求項 12 に記載の信頼性評価試験装置は、請求項 1 ～請求項 11 のいずれか 1 項に記載の発明において、上記コンタクトと半導体ウエハの間に異方性導電性シートを介在させることを特徴とするものである。

【0020】

また、本発明の請求項 13 に記載の信頼性評価試験装置は、請求項 1 ～請求項 12 のいずれか 1 項に記載の発明において、上記測定部は、上記半導体ウエハ内の 100 個以上の半導体素子について同時に信頼性評価試験を行うことを特徴とするものである。

【0021】

また、本発明の請求項 14 に記載の信頼性評価試験装置は、請求項 1 ～請求項 13 のいずれか 1 項に記載の発明において、上記ウエハ収納部は、上記ウエハ収納部は、上記半導体ウエハを 160℃以上の温度に維持する断熱構造を有することを特徴とするものである。

【0022】

また、本発明の請求項 15 に記載の信頼性評価試験装置は、請求項 1 ～請求項 14 のいずれか 1 項に記載の発明において、上記コンタクトは耐熱性基板を有し、上記耐熱性基板の熱膨張率が $1 \sim 50 \text{ ppm}/^{\circ}\text{C}$ であることを特徴とするものである。

【0023】

また、本発明の請求項 16 に記載の信頼性評価試験システムは、コンタクトと半導体ウエハとを一括接触させるアライナーと、このアライナーにおいて一括接触した上記コンタクトと上記半導体ウエハをそのまま搬送できる搬送具と、この搬送具を介して一体化して収納された上記半導体ウエハの信頼性評価試験を行う、請求項 1 ～請求項 15 のいずれか 1 項に記載の信頼性評価試験装置とを備えたことを特徴とするものである。

【0024】

また、本発明の請求項 17 に記載の信頼性評価試験システムは、請求項 16 に記載の発明において、上記アライナーと上記信頼性評価試験装置をデータ通信可能に構成したことを特徴とするものである。

【0025】

また、本発明の請求項 18 に記載の信頼性評価試験システムは、請求項 16 または請求項 17 に記載の発明において、上記アライナーは上記半導体ウエハを試験結果に基づいて観察する顕微鏡を有することを特徴とするものである。

【0026】

また、本発明の請求項 19 に記載の信頼性評価試験システムは、請求項 16 ～請求項 18 のいずれか 1 項に記載の発明において、上記搬送具は上記コンタクト及び上記半導体ウエハを一体化するための磁石を有することを特徴とするものである。

【0027】

また、本発明の請求項 20 に記載の信頼性評価試験システムは、請求項 16 ～請求項 18 のいずれか 1 項に記載の発明において、上記搬送具は、磁気回路と、この磁気回路を開閉する開閉手段とを有し、上記開閉手段を介して励磁、消磁して一体化した上記コンタクト及び上記半導体ウエハを吸着し、脱離させることを特

徴とするものである。

【0028】

また、本発明の請求項 21 に記載のコンタクタは、耐熱性基板と、この耐熱性基板上に形成された導体回路とを備え、160℃以上の温度で信頼性評価試験を行う際に使用されるコンタクタであって、上記耐熱性基板の熱膨張率が1～50 ppm/℃であることを特徴とするものである。

【0029】

また、本発明の請求項 22 に記載のコンタクタは、請求項 21 に記載の発明において、上記導体回路はバンプを有することを特徴とするものである。

【0030】

また、本発明の請求項 23 に記載のコンタクタは、請求項 21 または請求項 22 に記載の発明において、上記耐熱性基板は、耐熱性樹脂、金属、半導体及びセラミックの中から選択される少なくとも一種から形成されてなることを特徴とするものである。

【0031】

また、本発明の請求項 24 に記載のコンタクタは、請求項 21～請求項 23 のいずれか 1 項に記載の発明において、上記信頼性評価試験を行う際に導通する部分を除いた表面に絶縁性被膜を設けたことを特徴とするものである。

【0032】

また、本発明の請求項 25 に記載の信頼性評価試験方法は、半導体ウエハとコンタクタを電氣的に一括接触させ、上記半導体ウエハについて異なった信頼性評価試験を同時に行うことを特徴とするものである。

【0033】

また、本発明の請求項 26 に記載の信頼性評価試験方法は、半導体ウエハとコンタクタを電氣的に一括接触させた状態で、半導体ウエハを160℃以上に加熱した後、加圧し、電気を導通させ、上記半導体ウエハについて信頼性評価試験を行うことを特徴とするものである。

【0034】

また、本発明の請求項 27 に記載の信頼性評価試験方法は、請求項 25 または請

求項 26 に記載の発明において、上記半導体ウエハ内の 100 以上の半導体素子について同時に信頼性評価試験を行うことを特徴とするものである。

【0035】

また、本発明の請求項 28 に記載の信頼性評価試験方法は、請求項 25 ～請求項 27 のいずれか 1 項に記載の発明において、上記信頼性評価試験としてエレクトロマイグレーション試験及び／またはリーク電流試験を行うことを特徴とするものである。

【0036】

また、本発明の請求項 29 に記載の信頼性評価試験方法は、請求項 25 ～請求項 28 のいずれか 1 項に記載の発明において、上記半導体ウエハ面内を 160 ～ 350℃ の範囲内で ± 2.0 ℃ 以内の温度分布に制御することを特徴とするものである。

【0037】

また、本発明の請求項 30 に記載の信頼性評価試験方法は、請求項 25 ～請求項 29 のいずれか 1 項に記載の発明において、上記半導体ウエハと上記コンタクトを不活性ガス雰囲気または還元性ガス雰囲気に置くことを特徴とするものである。

【0038】

また、本発明の請求項 31 に記載の信頼性評価試験方法は、請求項 25 ～請求項 30 のいずれか 1 項に記載の発明において、酸素濃度が 100 ppm 以下であることを特徴とするものである。

【0039】

【発明の実施の形態】

以下、図 1 ～図 22 に示す実施形態に基づいて本発明を説明する。

本実施形態の信頼性評価試験システムは、信頼性評価試験装置 10 とアライナー 50 とを備え、これら両者はデータ通信可能に通信ネットワークで結ばれている。そこで、まず本実施形態の信頼性評価試験装置 10 について説明した後、アライナー 50 について説明する。

【0040】

本実施形態の信頼性評価試験装置 10 は、図 1 の (a)、(b) 及び図 2 に示すように、後述のコンタクタ 11 (図 3 の (a)、(b) 参照) と電氣的に一括接触したウエハを収納するウエハ収納部 12 と、このウエハ収納部 12 の上方に配置され且つコンタクタ 11 を押圧する押圧機構 13 と、この押圧機構 13 を介して押圧されたウエハを直接加熱する加熱機構 14 (図 2 参照) と、この加熱機構 14 を介して加熱されたウエハの電氣的測定を行う測定部 15 と、この測定部 15 の測定用信号を生成すると共に測定結果信号を処理するテスト部 16 と、ウエハの温度を制御する温度コントローラ 17 と、テスト部 16 を管理するテスト管理部 18 と、これらの機器を収納する筐体 19 と、この筐体 19 内の各機器を制御するコントローラ 20 (図 1 の (b) 参照) とを備え、温度、電流密度等の加速条件下で上記半導体ウエハに形成された配線膜、絶縁膜の信頼性を評価する。コントローラ 20 は、図 1 の (b) に示すように、デスクトップタイプのコンピュータによって構成され、筐体 19 に隣接して配置されている。コンピュータのモニタ画面 20A には例えば試験結果がウエハマップ (図 16 参照) として表示され、ウエハマップの各デバイスをマウス 20B でクリックすることによってその試験結果をモニタ画面 20A に瞬時表示することができる。更に、コントローラ 20 は後述するアライナーとのデータ通信機能を有し、信頼性評価試験の結果をアライナーへ送信することができる。また、ウエハ収納部 12 はスライド機構 21 を介して筐体 19 に対して図 1 の矢印 A 方向に出し入れできるようになっている。また、測定部 15 は例えばエレクトロマイグレーション (EM) 測定部 15A と、リーク電流 (BT) 測定部 15B とから構成され、テスト部 16 はこれらの測定部 15A、15B に対応して構成されている。この信頼性評価試験装置 10 の構造の要部を示したものが図 2 である。

【0041】

上記ウエハ収納部 12 は、例えば図 2 に示すように、コンタクタ 11 と電氣的に一括接触したウエハ W を後述する加熱体を介して載置する断熱、絶縁性材料からなる載置台 22 と、この載置台 22 を断熱性及び絶縁性材料からなる筒体 23 を介して囲み且つコンタクタ 11 と耐熱性の接触端子 (例えば、ポゴピン) 24A を介して電氣的に接触する耐熱性の接続リング 24 と、この接続リング 24 と電

氣的に接触し且つ測定部 15 からの試験用信号を受受する配線基板 25 とを備え、押圧機構 13 を介してコンタクタ 11 とウエハ W が確実に電氣的に一括接触すると共にコンタクタ 11 が接続リング 24 及び配線基板 25 を介して測定部 15 と導通可能に構成されている。

【0042】

また、図 2 に示すように、接続リング 24 の外周縁部には例えばシリコンゴム等の耐熱性樹脂からなるシールリング 26 が配置され、このシールリング 26 とコンタクタ 11 が弾力的に接触してウエハ収納部 12 内に気密空間を形成する。更に、ウエハ収納部 12 は、コンタクタ 11 の外周縁部を押さえる押さえ機構 27 を備え、押さえ機構 27 を介してコンタクタ 11 と接続リング 24 が確実に電氣的に接触する。この押さえ機構 27 は、例えば、耐熱性材料（例えば、セラミック）によってコンタクタ 11 の外周縁部に合わせて形成された第 1 リング状部材 27A と、このリング状部材 27A と略同一大きさに形成された第 2 リング状部材 27B と、第 1、第 2 リング状部材 27A、27B 間に介在する耐熱性バネ部材 27C と、第 2 リング状部材 27B と一体的に形成され且つウエハ収納部 12 の後方でヒンジ結合されたアーム 27D と、このアーム 27D を支持する一対のガススプリング（図示せず）とを備え、ガススプリングの働きで第 1、第 2 リング状部材 27A、27B が軽い力で開閉するようになっている。また、この押さえ機構 27 はロック機構 27E を備え、ロック機構 27E を介して第 1、第 2 リング状部材 27A、27B をコンタクタ 11 の外周縁部に固定する。従って、ウエハ収納部 12 は、一体化したコンタクタ 11 及びウエハ W を収納し、押圧機構 13 及び押さえ機構 27 を介してコンタクタ 11 を押圧すると、内部が外部から断熱され、気密を保つ構造になっている。

【0043】

また、例えば図 2 に示すよう載置台 22 には上下方向に貫通する一対の給排気孔 22A、22B がそれぞれ形成され、給気孔 22A から窒素ガス等の不活性ガス及び／または水素ガス等の還元性ガスを供給してウエハ収納部 12 内のコンタクタ 11 とウエハ W の接触部という極めて限られた最小限の空間に不活性ガス雰囲気または還元性ガス雰囲気を形成し、排気孔 22B から不活性ガス及び／または還元

性ガスを排気する。還元性ガスを供給する場合には不活性ガスに所定量の還元性ガスを添加することが好ましい。ウエハ収納部 12 内の狭い空間で不活性ガス雰囲気及び／また還元性ガス雰囲気を形成することによってウエハ W に形成された銅配線等の酸化されやすい金属配線の高温下での酸化を防止し、あるいは金属酸化膜を還元することができ、しかも不活性ガス及び／また還元性ガスの供給量を最小限に抑えることができる。また、ウエハ収納部 12 は気密構造になっているため、不活性ガス及び／また還元性ガスで空気を置換すると酸素濃度を銅等の酸化されやすい金属配線またはパッドの酸化を防止し得る濃度、例えば 10 ppm 以下、具体的には 1 ～ 5 ppm 以下まで下げることができる。酸素濃度はウエハ収納部 12 内に配置された従来公知の酸素センサ（図示せず）を介して検出し、この検出信号に基づいて筐体 19 内に配設された酸素濃度測定部 28（図 1 参照）において酸素濃度を算出する。従って、従来のように試験用パッドに酸化防止用のアルミパッド層を設ける必要がない。還元性ガスで置換すれば高温下で金属酸化膜を還元するため、試験直前までに形成された金属酸化膜を還元し、ウエハ W とコンタクタ 11 間の電氣的な導通を確実に取ることができる。

【0044】

上記押圧機構 13 は、図 1 に示すように、筐体 19 内に挿入されたウエハ収納部 12 の真上に固定されている。この押圧機構 13 は、図 1、図 2 に示すように、コンタクタ 11 を押圧する押圧板 13A と、この押圧板 13A の上面に下端が連結された金属製のベローズ 13B と、このベローズ 13B の上端に連結され且つベローズ 13B を支持する支持板 13C と、この支持板 13C に連結され且つ筐体 19 内で垂下して固定されたシリンダ機構 13D とを備えている。また、図 2 に示すように支持板 13C には貫通孔 13E が形成され、この貫通孔 13E から圧縮空気を供給し、押圧板 13A、ベローズ 13B 及び支持板 13C 内を加圧する。この加圧によりシリンダ機構 13D を介して降下した支持板 13C からベローズ 13B が下降に伸び、押圧板 13D を介してコンタクタ 11 を押下し、コンタクタ 11 全面を均等に押圧することによってコンタクタ 11 のバンプとウエハ W の電極パッドを確実に一括接触させることができる。また、図 2 に示すように押圧板 13A の下面中央には後述する補助加熱体が固定され、ウエハ W をコンタ

クタ 11 側からも加熱する。また、押さえ機構 27 は、上述したようにウエハ収納部 12 の後方でヒンジ結合され、ガススプリング等の補助機構を介して開閉自在に構成され、一体化したコンタクタ 11 とウエハ W をウエハ収納部 12 内に載置した後、前方に倒し、ロック機構 27 E を介してウエハ収納部 12 内のコンタクタ 11 周縁部に対して水平に接合して図 2 に示すようにウエハ収納部 12 に収納されたコンタクタ 11 の外周縁部を押さえる構造になっている。

【0045】

上記加熱機構 14 は、載置台 22 上に配置され且つウエハ W を下面側から加熱する加熱体 29 を主体に構成され、ウエハ W 全面を均一に加熱する。更に、この加熱体 29 は、例えば、載置台 22 上の中央部に配置された円形状の第 1 加熱部 29 A と、第 1 加熱部 29 A を囲むリング状の第 2 加熱部 29 B とからなり、第 1 加熱部 29 A を介してウエハ W の中央部を加熱すると共に第 2 加熱部 29 B を介してウエハ W の外周縁部を加熱する。第 2 加熱部 29 B がウエハ W 外周縁部からの放熱分を補完する役割を果たしている。加熱体 29 はウエハ W 全面を均一に加熱できれば第 1 加熱部 29 A 及び第 2 加熱部 29 B として分割しなくても良い。また、加熱機構 14 は、加熱体 29 の他に、コンタクタ 11 の上面から接触する円盤状の補助加熱体 29 C を備え、加熱体 29 と協働してウエハ W をより確実に所定の高温まで加熱し、その温度を維持する。この加熱機構 14 は上述したようにウエハ W を上下両面から直接加熱し、しかも加熱空間が極めて限られているため、ウエハ W を短時間で目標温度まで加熱することができ、しかもウエハ W を 160℃以上、最大で 350℃の高温まで加熱、維持し、高温下でウエハ W の金属配線のエレクトロマイグレーション及びリーク電流等を高精度に測定することができる。この加熱機構 14 は、ウエハ W を 160℃以上に加熱した時にはウエハ W 全面の温度分布を ±2.0℃以内で温度制御し、ウエハ W 全面を均一に加熱することができる。従って、例えば配線材料として銅を用いた場合にも高温、高密度電流の加速条件下で信頼性評価試験を行い、配線、絶縁膜を高精度で評価することができる。

【0046】

また、上記ウエハ収納部 12 を構成する配線基板 25 は筐体 19 の奥側（図 2 の

右側)に延長され、この延長部分 25A の上下両面それぞれに外部接続端子(図示せず)が形成されている。一方、図 1 に示す EM 測定部 15A 及び BT 測定部 15B の接続基板 15C、15D が図 2 に示すように延長部分 25A を挟むように配置され、これらの接続基板 15C、15D は駆動機構(図示せず)を介して延長部分 25A の上下両面の外部接続端子と交互に電氣的に接触し、EM 測定部 15A と BT 測定部 15B 間を交互に切り換える。即ち、接続基板 15C、15D は EM 測定部 15A と BT 測定部 15B 間の切換機構として機能する。これらの測定部 15A、15B それぞれは例えば 512 チャンネルを有するボードとなり、512 個のデバイスを同時に測定することができる。

【0047】

上記コンタクタ 11 とウエハ W は、図 2 に示すように異方性導電性シート 31 を介して一括接触している。コンタクタ 11 のバンプ及びウエハ W の電極パッドは円形または多角形、またはこれらの組み合わせのいずれかが好ましい。バンプのピッチ方向の最大長はウエハの電極パッドのピッチサイズ以下が好ましく、例えば直径が約 $75\mu\text{m}$ の大きさに形成され、それぞれの中心を基準として約 $120\mu\text{m}$ の間隔を空けて形成されている。一方、異方性導電性シート 31 は、コンタクタ 11 のバンプ及びウエハ W の電極パッドに高低差があっても、この高低差を吸収し得る弾性構造を有している。このような異方性性シート 31 としては、例えばゴアメイト(ゴア社製の商品名)が好適に用いられる。ゴアメイトは、例えば図 7 の(a)、(b)に示すように、四フッ化エチレン樹脂シート 31A と、この四フッ化エチレン樹脂シート 31A 全面を所定間隔(例えば、 $70\mu\text{m}$)を空けて均等に貫通するニッケル微粒子の集合体(例えば、直径が $25\mu\text{m}$) 31B とから形成されている。集合体 31B は金微粒子が集合して形成されているため、集合体 31B に圧力が掛かるとニッケル微粒子が圧密状態になる。従って、コンタクタ 11 とウエハ W 間に異方性導電性シート 31 を介在させるだけでコンタクタ 11 のバンプとウエハ W の電極パッドは異方性導電性シート 31 を介して弾力的に一括接触し、両者 11、W 間の導通を確実に取ることができる。このゴアメイトは通常使い捨てにする。また、図 2、図 7 において、32 は例えば鉄系材料等の磁性材料からなるウエハホルダーである。尚、コンタクタ 11 のバンプと

ウエハWの電極パッドをアライメントするには後述のアライナーを用いることができる。

【0048】

而して、上記コンタクタ11は、例えば図3の(a)、(b)に示すように、後述の材料によって形成された耐熱性基板11Aと、この耐熱性基板11Aの上面に例えば銅または銅合金等の導電性金属によって形成された導体回路11Bと、この導体回路11Bと一体的にそれぞれ複数ずつ形成されたバンプ11C及びウエハW用の接続パッド部11Dと、信頼性評価試験装置10の接続リング24のポゴピン24Aと電氣的に接触する接続用パッド部11Eと、これらのバンプ11C、接続パッド部11D及び接続用パッド部11E以外の部分を被覆する絶縁性被膜11Fとを備え、160℃以上の温度で信頼性評価試験を行う際に好適に使用される。絶縁性被膜11Fを設けることで、コンタクタ11とウエハW間の余分な電氣的接触を防止し、コンタクタ11とウエハW間で安定した電氣的導通を取ることができる。耐熱性基板11Aは、高温下での熱膨張率が極めて小さく、160℃以上の温度下でコンタクタ11の平面方向の熱膨張率が1～50 ppm/℃、好ましくは2～30 ppm/℃の材料によって形成されている。そして、耐熱性基板11Aは、160℃以上、例えば350℃の高温下であってもウエハWの熱膨張との間に殆どズレがなく一括接触状態を維持して確実に電氣的導通を取ることができ、信頼性評価試験を確実に行うことができる。この耐熱性基板11は、例えばポリイミド、ビスマレイミドトリアジン等の耐熱性樹脂、補強材（例えば、ガラスクロス、炭素繊維等）入りの耐熱性樹脂、アルミニウム、銅、ステンレス、インバー合金、インバー等の金属、シリコン等の導体及び窒化アルミニウム、炭化珪素等を主体としたセラミックの中から選択される少なくとも一種の材料によって形成されている。これらの材料を二種以上用いる場合には適宜組み合わせで耐熱性基板11Aを形成することができる。絶縁性被膜11Fを形成する材料は特に制限されないが、例えばポリイミド系樹脂等の耐熱性樹脂が好ましく用いられる。絶縁性被膜11Fは信頼性評価試験を行う際に導通する部分を除いた表面に形成されていれば良い。また、図4に示すように耐熱性基板11Aの種類に応じてその表面にシリコン酸化膜等の絶縁層11Gを設けても良い。

【0049】

また、上記コントローラ20は、表示装置にウエハWの試験結果をウエハマップ（図16参照）として表示できると共に、データ通信回線（図示せず）を介してアライナー50に試験結果を送信できるようになっている。

【0050】

而して、上記アライナーは例えば図5の（a）、（b）に示すように構成されている。このアンライナー50は、図5の（a）に示すように、ウエハWを収納し且つウエハWをロード、アンロードするロード室51と、このロード室51に隔壁を介して隣接し且つウエハWとコンタクタ11とを位置合わせ（アライメント）するアライメント室52とを備え、ウエハWからコンタクタ11とを一括接触させるためにこれら両者のアライメントを行うように構成されている。そして、図示してないがロード室51には搬送機構（ピンセット）及び予備位置合わせ機構（サブチャック）がそれぞれ配設され、ピンセットを介してキャリア内からウエハWを一枚ずつ搬送し、搬送過程でサブチャック上でオリフラまたはノッチを基準にしてウエハWを予備位置合わせ（プリアライメント）した後、ピンセットを介してウエハWをアライメント室52へ搬送するようにしてある。

【0051】

また、図5の（a）に示すように上記アライメント室52にはヘッドプレート53が開閉可能に取り付けられ、このヘッドプレート53にコンタクタ11を装着し、開閉駆動機構54を介してアライメント室52の上面開口を開閉する。このヘッドプレート53の中央にはコンタクタ11より小径の第1開口部53Aが形成され、その内面（図5では開放されて上向きになっている）にはコンタクタ11を固定する固定機構53Bが第1開口部53Aを囲むように4個配設されている。この固定機構53Bは、例えば同図の（b）に示すように、第1開口部53Aの周囲4箇所形成された凹陷部53C内に枢着された押さえ部材53Dと、押さえ部材53Dの基端部に連結されたエアシリンダ53Eとを備えている。エアシリンダ53Eが駆動すると押さえ部材53Dが反時計方向に回転して第1開口部53Aに載置されたコンタクタ11をヘッドプレート53に固定する。

【0052】

また、図5の(a)に示すようにアライメント室52内のヘッドプレート53の下方にはX、Y、Z及び θ 方向で移動可能なメインチャック55が配設され、このメインチャック55上にウエハホルダー32を介してウエハWを載置する。メインチャック55はXYステージ56を介してX、Y方向に移動する。このメインチャック55は回転昇降機構(図示せず)を内蔵し、回転昇降機構を介してXYステージ56上で昇降すると共に θ 方向に正逆回転する。そして、ロード室51内のピンセットを介してプリアライメント後のウエハWをアライメント室52内のメインチャック55上の予め載置された鉄系合金等の磁性材料からなるウエハホルダー32上へ移載する。このウエハホルダー32は後述するウエハ搬送具で一体化したウエハWとコンタクタ11を搬送する時に機能する。

【0053】

アライメント室52内には図示しないアライメント機構が配設され、このアライメント機構はアライメントブリッジに固定された上カメラと、メインチャック55側に固定された下カメラとを備え、これらのカメラでによる撮像画像を表示装置57に表示する。この表示装置57の表示画面にはタッチパネルも表示し、画面上でアライナー50を操作することができる。そして、メインチャック55を移動させて上カメラでウエハWの電極パッドを撮像すると共にメインチャック55を移動させて下カメラでヘッドプレート53に装着されたコンタクタ11のバンプ(図3参照)を撮像し、これらの画像データに基づいてウエハWの電極パッドとコンタクタ11のバンプをアライメントする。このアライメント機構としては例えば特願平10-54423号において提案した技術を用いることができる。また、開閉駆動機構54はアライメント後にヘッドプレート53を何回開閉してもコンタクタ11とウエハWとが狂い無く一括接触するように構成されている。

【0054】

また、上記表示装置57の表示画面には上記信頼性評価試験装置10とのデータ通信によって送信されてくる信頼性評価試験結果をウエハマップ(図16参照)として表示できる。ウエハマップには試験結果が数値で表示される。そして、ウエハマップを介して試験後の不良個所とその様子を選択し、この不良デバイスを

顕微鏡で観察できるようになっている。即ち、ヘッドプレート 53 には第 1 開口部 53A に隣接させた第 2 開口部 53F が形成されている。この第 2 開口部 53F の表面には顕微鏡（例えば、最高倍率が 2000 倍以上）（図示せず）が装着され、この顕微鏡を介してメインチャック 55 上に載置されたウエハ W の各デバイスを観察できるようになっている。従って、信頼性評価試験装置 10 において試験を行ったウエハ W をアライナー 50 のメインチャック 55 上に載置した後、信頼性評価試験装置 10 からの試験結果をアライナー 50 へ通信回線を介して送信する。そして、試験結果を表示装置 57 の表示画面にウエハマップとして表示し、試験に用いたデバイスを画面上で選択すれば、メインチャック 55 の操作によってこの試験後のデバイスを顕微鏡の真下に移動させ、顕微鏡によってエレクトロマイグレーション現象によるボイド等をウエハ状態のまま観察することができる。

【0055】

而して、アライナー 50 において一括接触したウエハ W とコンタクタ 11 はウエハ搬送具 60 を介して信頼性評価試験装置 10 まで搬送される。このウエハ搬送具 60 は、例えば図 6 に示すように、ケース 61 内に設けられた磁気回路（図示せず）と、この磁気回路を開閉操作するためにケース 61 に枢着された操作レバー 62 と、この操作レバー 62 の左右に配置してケースに取り付けられた一対の取っ手 63 とを備えている。尚、磁気回路に代えて磁石を用い、磁石を操作レバー 62 によって昇降するようにしても良い。従って、ヘッドプレート 53 の第 1 開口部 53A からウエハ搬送具をコンタクタ 11 上に載置した状態でハンドル操作を行うと、磁気回路が励磁してウエハホルダー 32 を強力に吸着し、図 6 に示すようにコンタクタ 11、異方性導電性シート 31 及びウエハ W を位置ズレすることなく一体化する。

【0056】

次に、図 5 ～ 図 17 を参照しながら本発明の信頼性評価試験方法の一実施形態を上記信頼性評価試験システムの動作と共に説明する。まず、アライナー 50 を用いてコンタクタ 11 のバンプとウエハ W の電極パッドを位置合わせする。それには開閉駆動機構 54 を介してヘッドプレート 53 を開き、ヘッドプレート 53 の

内面側から第1開口部53Aにコンタクタ11を固定機構53Bを介して装着すると共にメインチャック55上にウエハホルダー32を載置する。次いで、開閉駆動機構54を介してヘッドプレート53を閉じる。その後、ロード室51内でピンセット及びサブチャックを介してウエハWをプリアライメントした後、ピンセットを介してウエハWをウエハホルダー32上へ載置する。引き続き、XYステージ56及び回転昇降機構が作動すると共にアライメント機構が作動し、ウエハWの電極パッドとコンタクタ11のバンプのアライメントを行う。アライメント終了後、ヘッドプレート53を一旦開き、アライメント後のウエハW上に異方性導電性シート31を配置する。次いで、開閉駆動機構54を介してヘッドプレート53でアライメント室52の開口部を閉じると、メインチャック55が回転昇降機構が駆動して上昇し、コンタクタ11のバンプとウエハWの電極パッドが異方性導電性シート31を介して一括接触し、ウエハホルダー32を含むシェルとして一体化する。

【0057】

その後、オペレータがヘッドプレート53の第1開口部53Aからウエハ搬送具60をコンタクタ11上に載置し、ウエハ搬送具60の操作レバー62を介して磁気回路を励磁してコンタクタ11側からウエハホルダー32を強力な磁力によって吸着し、コンタクタ11、異方性導電性シート31、ウエハW及びウエハホルダー32を位置ズレさせることなく一体化して固定する。そして、固定機構53Bを解除しヘッドプレート53を開いた後、ウエハ搬送具60をシェルと一緒にメインチャック55上から取り外した後、ウエハ搬送具60を持って信頼性評価試験装置10まで搬送し、その筐体19から引き出されたウエハ収納部12の加熱体29上に載置する。次いで、ウエハ収納部12の押さえ機構27をハンドル操作によって倒してウエハ収納部12内のコンタクタ11を外周縁部から接続リング24上のシールリング26に押圧して固定する。この操作によってウエハWがウエハホルダー32を介して載置台22上の加熱体29と仮接触する。また、コンタクタ11の外周縁部が接続リング24上のシールリング26と弾接して気密状態を形成すると共に接続リング24のポゴピン24Aと弾接し、コンタクタ11と接続リング24が電氣的に接触する。次いで、ウエハ搬送具60の操作

レバー 62 を介して磁気回路を消磁してシェルを解放し、ウエハ搬送具 60 をコンタクタ 11 から外した後、ウエハ収納部 12 を筐体 19 内に押し込む。

【0058】

然る後、コントローラ 20 を介して押圧機構 13 のシリンダ機構 13D が駆動すると共に貫通孔 13E からベローズ 13B 内に圧縮空気を圧入すると、シリンダ機構 13D を介して押圧板 13A 及びベローズ 13B と一緒に下降し、押圧板 13A 下面の補助加熱体 29C が押さえ機構 27 の内側に嵌入する。押圧板 13A が下降端に達して押圧板 13A 下面の補助加熱体 29C がコンタクタ 11 と接触する。この時、図 7 の (a) に示すようにベローズ 13B 内の加圧空気の圧力によって同図の矢印方向で示すように押圧板 13A が補助加熱体 29C を介してコンタクタ 11 の中央部を押下し、コンタクタ 11 をウエハ W に対して全面均等に圧接させる。

【0059】

押圧板 13A 及び押さえ機構 27 からの押圧力でコンタクタ 11 のバンプ 11C とウエハ W の電極パッドは異方性導電性シート 31 を介して電氣的に一括接触する。この際、図 7 の (b) に示すようにコンタクタ 11 が僅かに波打った状態に変形していてもベローズ 13B 内の加圧空気で補助加熱体 29C を介してコンタクタ 11 の変形を同図の (a) 及び図 2 に示すように矯正し、異方性導電性シート 31 の働きと相俟ってコンタクタ 11 の全バンプとウエハ W の全電極パッドが確実に均等な押圧力を持って電氣的に一括接触する。信頼性評価試験に際しては 512 チャンネルを用いて 512 個のデバイスを一度に測定することができるため、加熱炉を使用する従来方法に比べて試験時間を格段に削減することができる。

【0060】

上述した状態でウエハ収納部 12 内には給気孔 22A から不活性ガスを所定時間（例えば、約 30 分）供給すれば、ウエハ収納部 12 内の空気を排気孔 22B から排気し、ウエハ収納部 12 内に不活性ガス雰囲気を形成して酸素濃度を 10 ppm 以下、具体的には 1～5 ppm 以下まで下げることができる。この酸素濃度になればウエハ W の電極パッド及び金属配線が例えば酸化しやすい銅または銅合

金によって形成されていても金属の酸化を確実に防止する。例えば、図 8 の (a) に示すように最近使用されている銅、銅合金からなるパッド P の場合には、ウエハ W に銅、銅合金のパッド P を形成してから試験まで長い日数放置しておく、パッド P の表面に酸化膜が形成され、電氣的な導通を取り難い場合がある。このような場合であっても窒素ガス等の不活性ガスをウエハ収納部 12 内に予め供給し、不活性ガス雰囲気を形成して酸素濃度を数 ppm 程度まで下げた後に加熱すれば、その状態で加圧してコンタクタ 11 とウエハ W との電氣的接続が良くなる。また、パッド P の表面の酸化が著しく進んでいる場合には、窒素ガス等の不活性ガスに水素ガス等の還元性ガスを数%程度添加して供給すれば、200℃以上の加熱下でパッド P の酸化膜を還元性ガスで還元し、コンタクタ 11 との電氣的接続が良好になる。このようにコンタクタ 11 とウエハ W の電氣的導通が良好になった後、押圧機構 13 を介してコンタクタ 11 を加圧すれば、コンタクタ 11 とウエハ W が電氣的に確実に接続され、信頼性の高い信頼性評価試験を行うことができる。、この際、窒素ガス等の不活性ガスや水素ガス等の還元性ガスは排気孔 22 B から排気されるが、ウエハ収納部 12 内の最小限の空間に不活性ガス雰囲気を形成するため、これらのガスの使用量を最小限に抑制することができる。

【0061】

このように本実施形態ではウエハレベルで信頼性評価試験を行うことができるため、加熱炉を使う従来の方法で行っていたウエハのダイシング工程及びアッセンブリ（パッケージング）工程を全て省略することができ、試験時間の短縮及び試験コストを格段に削減することができる。殊に、アセンブリ工程では銅、銅合金からなるパッド P に直接ワイヤーをボンディングすることが難しいため、図 8 の (b) に示すようにアルミニウムのバリア層 B 及びパッド層 P1 を設けた後、ワイヤー L をボンディングする必要がある。ところが、本実施形態ではウエハ収納部 12 内の酸素濃度を数 ppm 程度まで下げることができるため、上述のように従来のアルミニウムのバリア層 B 及びパッド層 P1 を省略することができ、試験コストを更に削減することができる。従来方法でアルミニウムパッド層の他に、アルミニウムのバリア層が必要になるのは、加熱炉は一般的に気密性が良くない

ため、銅、銅合金のパッド部が試験中に酸化し、電氣的導通が取れなくなるからである。

【0062】

次いで、加熱機構14が作動すると、加熱体29及び補助加熱体29Cが昇温し、これら両者29、29CでウエハWを上下から直接加熱する。このようにウエハWを加熱体29と補助加熱体29Cで挟んで上下から加熱するため、ウエハWを目標温度（最大350℃）まで短時間（例えば、1時間以内）で昇温することができ、しかも、ウエハ収納部12が断熱構造になっているため、ウエハ収納部12内からの放熱による温度低下を格段に抑制することができ、ウエハWを目標温度で維持することができる。仮に、コンタクタ11の外周縁部からの放熱があっても加熱体29は個別に機能する第1、第2加熱部29A、29Bによって構成されているため、外側の第2加熱部29Bの働きでコンタクタ11の外周縁部からの放熱分を確実に補ってウエハW全面を目標温度に維持することができる。この際、ウエハW面内の温度分布を160～350℃の範囲で±2.0℃以下に抑制することができる。

【0063】

而して、高温下でエレクトロマイグレーション試験を行う場合には、図2に示すようにEM測定部15Aの接続基板15Cを配線基板25の延長部分25Aの外周部接続端子に接触した後、EM測定部15Aを介してウエハW内の512個のデバイスについて同時にエレクトロマイグレーション測定を実施し、テストユニット16において試験結果を解析する。この場合、ウエハWを350℃の高温を安定的に維持することができるため、例えば各デバイスの銅配線の金属原子の移動を誘起し易く、短時間で試験結果を得ることができ、ウエハWの各デバイスを短時間で評価することができる。

【0064】

エレクトロマイグレーション試験を行うに際して電流を印加する場合には、本実施形態ではEM測定部15Aを介して直流、パルス直流及び交流の三種類の電流を印加することができる。従来の加熱炉を使用する方法の場合には電流の印加方式は直流のみ、あるいはパルス直流または交流のみであるが、本実施形態の信頼

性評価試験装置 1 0 は一台で三種類の電流印加方式に対応することができる。

【0 0 6 5】

これら三種類の電流を印加する場合には試験パターンとして例えば図 9 の (a)、(b) に示すウエハ W 上に形成された試験パターンが用いられる。これらの試験パターンは通常最も頻繁に使用されるものである。基本的な試験パターンは、同図の (a) に示すように電子の流れに対して上流端に接続孔を有する片終端タイプの試験パターンと、同図の (b) に示すように電子の流れの上流端と下流端それぞれに接続孔を有する両終端タイプの試験パターンとがある。同図の (a) に示す片終端タイプの試験パターンの場合には電子が下層配線から接続孔を介して上流の配線に流れる時に用いられる。試験配線の長さ L は通常加速試験電流密度として $0.5 \sim 2.0 \text{ MA/cm}^2$ を用いるが、この際バックフロー効果が起きない長さに試験配線を設定する必要がある。配線長さ L は $50 \mu\text{m}$ 以上あれば十分であるが、例えば $100 \sim 200 \mu\text{m}$ が好ましい。また、試験配線幅はデバイスや対象としている検討内容によっても変わる。更に、試験を行う配線廻りにはダミーの配線が通常デバイスの片側に 10 本、両側で 20 本程度配置されている。これらのダミー配線は、試験配線が細い時にウエハプロセスのフィソングラフイー工程での近接効果を回避して目標の配線幅に仕上げるためと、エレクトロマイグレーション試験時に配線から配線材料である金属が吹き出し (Extrusion) を検知するために配置してある。試験は基本的には四端子測定を行い、吹き出しモニターで監視する。

【0 0 6 6】

まず、直流を用いる場合には、図 9 の (a) の片終端タイプの試験パターンを使用し、配線長さ L は $100 \mu\text{m}$ に設定されたものを使用する。試験配線が銅、銅合金の場合には $250 \sim 350^\circ\text{C}$ の試験温度を使用することが好ましい。配線がアルミニウム、アルミニウム合金の場合には $150 \sim 250^\circ\text{C}$ の試験温度が好ましい。印加電流密度は、ジュール発熱による温度上昇を起こさないようにするために $0.5 \sim 3 \text{ MA/cm}^2$ 程度が好ましい。図 9 の (a) に示す試験パターンを用いた時の相対抵抗値の変化の様子を図 10 に示した。この図からも明らかなように、抵抗値が全く上昇しない時間 (Incubation Time) が長くあり、その後、

急激に抵抗値が上昇 (Growth Time) していることが判る。この時、例えば抵抗値が 10%、20% に上昇した時点での時間を不良に至る時間 (Time To Failure) と定義し、同じ試験パターンを用いて例えば 30 個同時に試験をした場合、その累積不良のグラフを示したのが図 11 である。図 11 では統計上の分布としては対数正規分布を用いているが、信頼性評価試験装置 10 はワイブル分布、正規分布も対数正規分布と同様に出力することができる。図 11 において、50% 不良に至る時間を MTF (Median Time to Failure) と定義し、直線近似した時の傾きの逆数がエレクトロマイグレーションのバラツキとなる。これらの二つの値は LSI のエレクトロマイグレーション寿命を予測する上で非常に重要なパラメータになる。

【0067】

パルス直流を用いる場合には、例えば図 12 に示すパルス直流を印加する。ここで重要なのはパルス周波数である。パルス周波数としては例えば 50 KHz ~ 10 MHz 程度必要であり、本実施形態の信頼性評価試験装置 10 はこれに対応している。パルス直流によるエレクトロマイグレーション試験時には、パルス周波数によって金属原子の移動モードが遷移することが知られている。今までの報告では、遷移する周波数は 100 KHz ~ 数 MHz と云われている。従って、本実施形態の信頼性評価試験装置 10 は金属原子の移動モードを確実に測定することができる。また、交流電流を印加する場合には周波数と、図 13 に示すように周波数の正の領域と負の領域の面積を同一に保った状態でデューティ比 (t_{on}/t_{cycle}) を変えることが重要である。これは、LSI の回路で頻繁に起きている金属原子の挙動を非常に類似しているからである。

【0068】

ウエハ W 上でエレクトロマイグレーション試験を行う場合には 512 個のデバイスを同時に試験することができる。これに対し、従来の加熱炉を使用する従来方法の場合には多くても 100 個程度しか試験することができない。従って、試験能力が 4、5 倍向上する。また、ウエハ W 上の試験パターンの配置と信頼性評価試験装置 10 の試験パターンのグルーピング機能を使用することにより、高信頼化技術開発の観点から非常に重要なデータ、即ち配線幅依存性 (主拡散パスの同

定) (図14の(a)～(c)参照)、臨界長さ(L_c :Critical Length) (図15の(a)参照)、Reservoir長依存(図15の(b)参照)等を一度に効率良く得ることができる。これに対し、従来の加熱炉を使用する従来方法の場合には各データ毎に何回もパッケージをセットしなくてはならず、試験が非常に煩雑で結果を得るまでに長時間を要していた。

【0069】

また、ウエハレベルで試験を行うことによって信頼性に関するアウトプットパラメータ、例えばTTFや初期抵抗値等がウエハW面内に如何なる状態で分布状態にあるかが図16に示すウエハマップとして出力され、その分布状態がすぐに判る。例えば図16中、二重の□でデバイスの出力結果は、図10に示した相対抵抗値の変化を示す図であり、図11に示した累積不良分布を示す図で、これらのグラフから相対抵抗値の時間に対する変化や時間に対する累積不良がすぐに判る。従って、試験結果に基づいて目的のデータを短時間で効率良く得ることができ、しかもテストユニット16においてデータ解析を短時間で効率良く正確に行うことができる。これに対し、従来の加熱炉を使用する従来方法の場合にはウエハのダイシング後、デバイスを取り出してパッケージに入れる時にどのデバイスかを記入する等の手間が掛かる上に、記入ミス等の間違いが発生する虞がある。

【0070】

また、エレクトロマイグレーション試験後には、試験結果を信頼性評価試験装置10からアライナー50へデータ通信で送信し、アライナー50に試験結果を取り込むことができる。アライナー50にはアライメント用のカメラと顕微鏡が設けられているため、アライメント室52内に試験後のウエハWをセットした後、アライメント機構を介して不良品を顕微鏡の真下に位置合わせすることで、ボイド等のエレクトロマイグレーションによる不良を即座に観察することができる。しかも512個の試験パターンを観察結果を画像として保存することができる。また、例えば、ウエハマップ上で抵抗挙動のおかしいものなどがあれば、その画像をすぐに表示装置57の画面に映し出すことができる。アライナー50は必要に応じてマニュアルモードでカメラを操作し、高倍率で不良部分及びその近辺を観察することができる。更に、予め抽出したい抵抗挙動、ボイドの発生箇所等を

指定すれば、試験後にアライナー 50 によるボイド観察後、自動的にそれらをリストアップすることができる。これに対し、従来の加熱炉を使用する従来方法の場合にはパッケージ内からデバイスを取り出し、顕微鏡で一つ一つ観察しているため、観察に多大な労力と時間が必要である。

【0071】

上記エレクトロマイグレーション試験を行う場合にはウエハW面内の温度分布を例えば 160～350℃の範囲で±2.0℃以内に制御する。エレクトロマイグレーション試験は温度と電流密度の加速条件下で行われ、試験結果としてMTF及びバラツキ σ を得る。更に、温度条件と電流密度条件を変えて加速パラメータである E_a (Activation energy) と n (Current exponent) を求め、最終的に J_{use} (Use current density at operating condition) を求める。この J_{use} が大きいほど良いことになる。 n はエレクトロマイグレーションの原理から1 (growth timeの成分) ～2 (incubation timeの成分) の間を取り、試験パターンの出来具合や相対抵抗の変化で何%を不良とみなすかで変わる。 E_a は、拡散に対する活性化エネルギーで、試験パターンを如何なる材料とプロセスで形成するかで決まるものである。 E_a と n はウエハW側で決まるもので、信頼性評価試験装置10側で決まるものではない。これに対し、信頼性評価試験装置10の性能が影響するものとしてバラツキ σ がある。MTF及び σ の J_{use} に対する影響の度合いを図17に示す。図17から判るように、バラツキ σ の影響は著しく大きい。換言すると、 σ が大きいと、例えば σ が0.5以上になるとMTFがいくら長くても意味がない。バラツキ σ は、ウエハW (LSIの製造プロセス) に起因するものと、信頼性評価試験装置10に起因するものがある。信頼性評価試験装置10に起因するバラツキ σ が小さければ小さい程良い。信頼性評価試験装置10から発生するバラツキ σ としてはウエハW面内の温度分布に起因するものと、電流のバラツキに起因するものの二種類がある。図18の(a)、(b)は、それぞれ電流のバラツキに起因する J_{use} ロスと、温度分布 (バラツキ) に起因する J_{use} ロスを示したものである。これらの計算結果から判るように、温度分布によるロスが非常に大きいことが判る。このことから信頼性評価試験装置10では、加熱機構14を用いて極めて狭い空間でウエハW全面を直接且つ

均等に加熱することにより、350℃の高温下でも温度分布を±2.0℃以内に抑制するようになっている。従って、信頼性評価試験装置10に起因するバラツキを格段に抑制することによって信頼性の高いエレクトロマイグレーション試験を行うことができる。

【0072】

上述のエレクトロマイグレーション試験以外に、リーク電流測定 (Bias-Temperature Tsetig: BT試験) またはTDD B (Time Dependent Dielectric Breakdown) 試験を行う場合には、切換機構を介してEM測定部15Aの接続基板15CをBT測定部15Bの接続基板15Dに切り換え、一台の装置で全く異なった試験を行うことができる。従って、従来のアセンブリ工程を省略することができると共に大量のデバイスを一度の試験することができ、試験コストの削減を実現することができると共に試験効率を格段に高めることができる。

【0073】

リーク電流試験に用いる試験パターンの一例を図19の(a)～(d)に示す。この場合の試験パターンは、同図に示すように基本的には楕型パターンと異なる配線間での平面パターン若しくは配線パターンである。同図の(b)及び同図の(d)において、斜線で示した部分はそれぞれ同図(a)及び(b)に一点鎖線で示す方向からの配線の断面を示し、同図の(c)、(d)の□は上層配線との接続孔を示す。リーク電流試験ではウエハWをある温度に保って電圧を印加し、配線間のリーク電流の変化を時間の経過と共にモニターする。リーク電流がある一定の値に達した時点の時間が、そのサンプルの不良に至る時間になる。エレクトロマイグレーション試験の時と同様に、不良に至る時間の分布をプロットする。リーク電流試験の場合にはワイル分布が良く一致する。この場合もエレクトロマイグレーション試験の場合と同様に、大量のデバイスを一度の測定することができ、試験パターンによってそれぞれの試験結果のグルーピングを行うことができるため、一度に電界依存性等の複数の測定データを取得することができる。また、コンタクタ11を作製する時に、エレクトロマイグレーション試験用とリーク電流試験用のパッドは位置を同一コンタクタ11内に配置しておくことで、エレクトロマイグレーション試験とリーク電流試験を同時に行うことができる。但

し、エレクトロマイグレーション試験とリーク電流試験の加速温度が同一温度に制限される。エレクトロマイグレーション試験とリーク電流試験の加速温度が異なる場合には、信頼性評価試験装置 10 を適宜使い分ける必要がある。

【0074】

以上説明したように本実施形態によれば、コンタクタ 11 と電氣的に一括接触したウエハ W を収納するウエハ収納部 12 においてコンタクタ 11 を押圧する押圧機構 13 と、この押圧機構 13 を介してコンタクタ 11 と一括接触するウエハ W を直接加熱する加熱機構 14 とを備えているため、ウエハレベルで 100 個以上、具体的には 512 個のデバイスをエレクトロマイグレーション試験やリーク電流試験等の信頼性評価試験を行うことができる。従って、従来のようにウエハ W をデバイス単位にダイシングする工程及びそのアセンブリ工程を削減し、試験コストを削減することができると共に短時間で効率良く複数種の信頼性評価試験を行うことができる。

【0075】

また、ウエハ収納部 12 は、コンタクタ 11 と電氣的に一括接触したウエハ W を載置する載置台 22 と、この載置台 22 を囲み且つコンタクタ 11 と電氣的に接触する接続リング 24 と、この接続リング 24 と電氣的に接触し且つ載置台 22 を支承する配線基板 25 とを有するため、最小限のウエハ収納空間で済ませることができ、短時間でウエハ W を 160℃ 以上、具体的には 350℃ まで短時間で昇温することができる。

【0076】

また、押圧機構 13 は、コンタクタ 11 に接触する押圧板 13A と、この押圧板 13A に下端が連結された金属製のベローズ 13B と、このベローズ 13B に連結された支持板 13C と、これらの部材内に空気を圧入する手段とを有するため、空気圧によってコンタクタ 11 とウエハ W の接触圧を最適制御することができる。

【0077】

また、接続リング 24 上にコンタクタ 11 と接触してウエハ収納部 12 内を外部から封止するシールリング 26 を設けると共に、ウエハ収納部 12 内に窒素ガス

等の不活性ガスを供給する手段を設けたため、ウエハ収納部 1 2 内の酸素濃度を 1 0 p p m 以下、具体的には 1 ~ 5 p p m 以下まで下げることができ、ウエハ W に形成された銅配線等の金属配線の酸化を防止してコンタクタ 1 1 とウエハ W を電氣的に確実に接続し、信頼性評価試験を確実に行うことができる。または、必要に応じて水素ガス等の還元性ガスを不活性ガスに添加して供給ことにより、金属パッドの酸化が著しい場合であっても、酸化膜を確実に還元してコンタクタ 1 1 とウエハ W を電氣的に確実に接続し、信頼性評価試験を確実に行うことができる。

【 0 0 7 8 】

また、加熱機構 1 4 は、加熱体 2 9 の第 1、第 2 加熱部 2 9 A、2 9 B を介してウエハ W を下面側から加熱すると共に補助加熱体 2 9 C を介してウエハ W を上面側から加熱するため、ウエハ W 両面を上下から直接加熱し、目標温度（1 6 0 ℃ 以上、具体的には 3 5 0 ℃）まで短時間に昇温することができる。また、ウエハ収納部 1 2 が断熱、気密構造になっているため、試験中に目標温度を確実に維持することができると共にウエハ W 全面の温度分布を ± 2 . 0 ℃ 以下に抑制することができ、温度のバラツキの殆どない信頼性の高い試験結果を得ることができる。

【 0 0 7 9 】

また、E M 測定部 1 5 A 及び B T 測定部 1 5 B を設けると共に、これらの測定部 1 5 A、1 5 B を交互に切り換える切換機構を設けたため、一台の装置でエレクトロマイグレーション試験とリーク電流試験を交互に切り換えて、あるいは同時に行うことができ、試験効率を格段に高めることができ、試験コストを削減することができる。

【 0 0 8 0 】

また、本実施形態によれば、エレクトロマイグレーション試験時に、直流、パルス直流、交流の三種の電流を印加する機能を有するため、一度の試験で三種類の試験を行うことができ、試験時間を格段に短縮することができる。また、ウエハ W 上に形成された複数の試験パターンをグループ分けし、同時に 5 グループ以上の試験を行う試験パターンのグルーピング機能を有するため、一度の試験で信頼

性に関係する複数のパラメータを得ることができ、試験効率及びデータの解析効率を格段に高めることができる。

【0081】

また、本実施形態によれば、コンタクタ11が耐熱性基板11Aを備え、この耐熱性基板11Aの平面方向の熱膨張率が $1 \sim 50 \text{ ppm}/^{\circ}\text{C}$ であるため、 160°C 以上、例えば 350°C の高温下であってもウエハWとの熱膨張に殆ど差が無く、コンタクタ11とウエハW間の電氣的接続を確実に取ることができる。また、耐熱性基板11Aの材料として、例えばポリイミド、ビスマレイミドトリアジン等の耐熱性樹脂、補強材（例えば、ガラスクロス、炭素繊維等）入りの耐熱性樹脂、アルミニウム、銅、ステンレス、インバー合金、インバー等の金属、シリコン等の導体及び窒化アルミニウム、炭化珪素等を主体としたセラミックの中から選択される少なくとも一種の材料を使用することにより、上記熱膨張率を確保することができる。更に、ウエハWとの接続部や接続リング24のポゴピン24Aとの接続部以外を絶縁性被膜11Fで被覆してあるため、コンタクタ11とウエハW間の余分な電氣的接触を防止し、コンタクタ11とウエハW間で安定した電氣的導通を取ることができる。また、コンタクタ11とウエハWの間に異方性導電性シート31を介在させるため、コンタクタ11のバンプとウエハWの電極パッドを確実に電氣的に導通させることができる。

【0082】

また、本実施形態によれば、コンタクタ11とウエハWとを一括接触させるアライナー50と、このアライナー50において一括接触したコンタクタ11とウエハWをそのまま搬送するウエハ搬送具60と、このウエハ搬送具60を介して一体化したまま収納されたコンタクタ11を用いてウエハWの信頼性評価試験を行う信頼性評価試験装置10とを備えているため、アライナー50においてコンタクタ11のバンプとウエハWの電極パッドを確実に接触させてシェルとして一体化した後、ウエハ搬送具60を介して信頼性評価試験装置10までシェルを搬送し、信頼性評価試験装置10において確実に信頼性評価試験を行うことができる。また、信頼性評価試験装置10とアライナー50はデータ通信可能に構成されているため、信頼性評価試験装置10において得られた試験結果をそのままア

ライナー 50 に送信し、試験結果をアライナー 50 においてウエハマップとして表示して利用することができる。また、アライナー 50 はウエハ W を試験結果に基づいて観察する顕微鏡を有するため、試験に用いたデバイスをウエハマップ上で指定し、試験後のデバイスのボイド等を直接観察することができ、後のプロセス開発に有効利用することができる。また、この観察画像はアライナー 50 及び信頼性評価試験装置 10 の双方で保存することができる。

【0083】

また、本実施形態によれば、ウエハ搬送具 60 は磁石を有するため、アライナー 50 において一括接触したコンタクタ 11、異方性導電性シート 31 及びウエハ W をウエハホルダー 32 を介して確実にシェルとして一体化し、その状態を固定することができ、コンタクタ 11 とウエハ W を位置ズレすることなく確実に搬送することができる。

【0084】

【実施例】

本発明のコンタクタを製造する場合の方法及びその性能について図 20～図 22 を参照しながら具体的に説明する。

【0085】

実施例 1

本実施例では図 3 に示すコンタクタ 11 を製造する場合について説明する。まず、例えば平均粒径 $0.6 \mu\text{m}$ の窒化アルミニウム粉末 100 重量部、平均粒径 $0.4 \mu\text{m}$ のイットリア粉末 4 重量部、アクリル系樹脂バイнда 12 重量部及びアルコール 20 重量部からなる組成物のスプレードライを行って顆粒状の組成物粉末を調製した。次いで、この顆粒状の組成物粉末を金型に投入し、平板状に成形して成形体（グリーン）を得た。この成形体を 1890°C 、圧力 15 MPa で 10 時間ホットプレスし、厚さ 5 mm の窒化アルミニウム焼結体を得た。この焼結体から直径 310 mm の円板状に切り出して図 20 の (a) に示す耐熱性基板 11A を得た。この耐熱性基板 11A の平面方向の熱膨張率は $4.5 \text{ ppm}/^{\circ}\text{C}$ であった。

【0086】

次いで、スパッタリング装置を用いて耐熱性基板 11A の表面に銅をスパッタリングし、図 20 の (b) に示すように厚さ $5\mu\text{m}$ の銅薄膜 11B₁ を形成した。更に、ラミネート用フィルム 101 で銅薄膜 11B₁ をラミネートした後、ラミネート用フィルム 101 を露光、現像処理し、銅薄膜 11B₁ が部分的に露呈する開口部 101A を有するエッチング用レジスト膜 101 として形成した (同図の (c) 参照)。その後、 55°C の HF/HNO₃ 水溶液 (HF/HNO₃/水 = 1/1/2) を用いてエッチングレジスト膜 101 が形成された部分以外の銅薄膜 11B₁ を除去した後 (同図の (d) 参照)、エッチング用レジスト膜 101 を除去して金属銅からなる導体回路 11B を形成した (同図の (e) 参照)。

【0087】

次いで、スピコート法を用いて耐熱性基板 11A の主面 (導体回路 11B の形成された方の面) にバンプ形成用の液体レジストを塗布した後、温度 160°C で 20 分間乾燥させてレジスト塗膜を形成した。次いで、レジスト塗膜を露光、現像処理し、図 21 の (a) に示すようにバンプ形成用の開口部 102A を有するメッキ用レジスト膜 102 を形成した。次いで、無電解ニッケルメッキ浴内で開口部 102A から導体回路 11B に対してニッケルメッキ 11C₁ を施した後 (同図 (b) 参照)、同図の (c) に示すようにメッキ用レジスト膜 102 を除去してウエハ W と接続するためのバンプ 11C を形成した。更に、導体回路 11A 及びバンプ 11C に対してニッケルメッキ膜 103 を施した (同図 (d) 参照)。

【0088】

また、図 22 の (a) に示すようにスピコート法を用いて予め粘度を $30\text{Pa}\cdot\text{s}$ に調整した感光性カルド型ポリマーの溶液をニッケルメッキ膜 103 及び耐熱性基板 11A の表面全面に塗布した後、温度 160°C で 20 分間乾燥させ、フォトレジスト膜 104 を形成した。次いで、同図の (b)、(c) に示すようにバンプ開口部に相当する部分に黒円が描画されたフォトエッチング用マスクをフォトレジスト膜 104 上に載置した後、紫外線を $400\text{mJ}/\text{cm}^2$ の条件で照射してフォトレジスト膜 104 を露光、現像処理し、ウエハ W と接続するための接続用開口 104A を形成した。更に、同図に (d) に示すように開口部 104

Aからバンプ11C及び導体回路11Bに貴金属（例えば、金）メッキ105を施した。これらの一連の処理により耐熱性基板11A上に導体回路11B及びバンプ11Cが形成されたことになる。また、図示していないが、上記一連の処理と同様にして、信頼性評価試験装置10のポゴピン24Aと接続するための接続用パッド部11Eを露出するための開口部を形成した（図3の（a）、（b）参照）。バンプは方形形状であり、ピッチ方向の最大の長さが75 μm であった。

【0089】

実施例2

本実施例では図4に示すコンタクタ11を製造する方法について説明する。例えば平均粒径1.1 μm の炭化珪素粉末100重量部、焼結助剤の炭化硼素粉末0.5重量部、アクリル系樹脂バインダ12重量部及びアルコール20重量部からなる組成物のスプレードライを行って顆粒状の組成物粉末を調製した。次いで、この顆粒状の組成物粉末を金型に投入し、平板状に成形して成形体（グリーン）を得た。この成形体を2100℃、圧力17.6 MPaで10時間ホットプレスし、厚さ3 mmの炭化珪素製のセラミック基板を得た。このセラミック基板に1500℃で熔融した珪素溶液に浸漬し、セラミック基板に珪素溶液を含浸させた。次いで、このセラミック基板を表面から直径210 mmの円板状に切り出して複合体基板を得た。この複合体基板の平面方向の熱膨張率は3.6 ppm/℃であった。この複合体基板にガラスペースト（G-523N：昭栄化学工業（株）製）を塗布した後、600℃で1時間焼成して炭化珪素を主成分とする複合体基板の表面に厚さ2 μm のシリコン酸化膜11Gを形成して耐熱性基板11Aを得た（図4参照）。そして、この耐熱性基板11Aの主面に導体回路11B等を上述した工程に準じて形成する。

【0090】

即ち、スパッタリング装置を用いて耐熱性基板11Aの表面に銅をスパッタリングし、厚さ5 μm の銅薄膜を形成した。更に、ラミネート用フィルムで銅薄膜をラミネートした後、ラミネート用フィルムを露光、現像処理し、銅薄膜が部分的に露呈するエッチング用レジスト膜として形成した。その後、55℃のHF/HNO₃水溶液（HF/HNO₃/水=1/1/2）を用いてエッチングレジスト

膜が形成された部分以外の銅薄膜を除去した後、エッチング用レジスト膜を除去して金属銅からなる導体回路 11B を形成した。

【0091】

次いで、スピコート法を用いて予め粘度を $30 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ に調整した感光性カルド型ポリマーの溶液を耐熱性基板 11A の主面全面に塗布した後、温度 150°C で 20 分間乾燥させて感光性カルド型ポリマーの半硬化膜からなる樹脂層を形成した。次いで、ウエハ W のパッド部及び信頼性評価試験装置 10 のポゴピン 24A との接続用パッド部 11E に相当する開口部部分に黒円が描画されたフォトエッチング用マスクを上記樹脂層上に載置した後、紫外線を 400 mJ/cm^2 の条件で照射して上記樹脂層を露光、現像処理し、ウエハ W と接続するための接続用開口部及び信頼性評価試験装置 10 のポゴピン 24A と接続するための接続用パッド部 11E を露出するための開口部を形成した。その後、 250°C で 120 分間で樹脂層を本硬化させ、絶縁性被膜 11F を形成した。更に、金メッキ浴を用いて厚さ $0.03 \mu\text{m}$ の金層をパッド部に形成して図 4 に示すコンタクタ 11 を得た。

【0092】

実施例 3

本実施例では基板の材料としてガラスクロス入りのポリイミド基板（平面方向の熱膨張率が $30 \text{ ppm/}^\circ\text{C}$ ）を使用した。この基板は、ガラスクロスにポリイミド樹脂を含浸させ、 80°C で 1 時間乾燥させて B ステージとしたプリプレグを 10 枚積層して 7.8 MPa 、 120°C で 1 時間加熱、加圧して製造したものである。即ち、スパッタリング装置を用いてポリイミド基板の表面に銅をスパッタリングし、厚さ $5 \mu\text{m}$ の銅薄膜を形成した。更に、レジスト用フィルム（東京応化（株）製 DF）で銅薄膜をラミネートした後、露光、現像処理し、銅薄膜が部分的に露呈するエッチング用レジスト膜として形成した。その後、 55°C の HF/HNO_3 水溶液（ $\text{HF/HNO}_3/\text{水} = 1/1/2$ ）を用いてエッチングレジスト膜が形成された部分以外の銅薄膜を除去した後、エッチング用レジスト膜を除去して金属銅からなる導体回路を形成した。

【0093】

次いで、スピンコート法を用いて予め粘度を $30 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ に調整した感光性カルド型ポリマーの溶液をポリイミド基板の主面全面に塗布した後、温度 150°C で 20 分間乾燥させて感光性カルド型ポリマーの半硬化膜からなる樹脂層を形成した。次いで、ウエハ W のパッド部及び信頼性評価試験装置 10 のポゴピン 24 A との接続用パッド部 11 E に相当する開口部部分に黒円が描画されたフォトエッチング用マスクを上記樹脂層上に載置した後、紫外線を $400 \text{ mJ} / \text{cm}^2$ の条件で照射して上記樹脂層を露光、現像処理し、ウエハ W と接続するための接続用開口部及び信頼性評価試験装置 10 のポゴピン 24 A と接続するための接続用パッド部 11 E を露出するための開口部を形成した。その後、 250°C で 120 分間で樹脂層を本硬化させ、絶縁性被膜 11 F を形成した。更に、金メッキ浴を用いて厚さ金層をウエハ W との接続パッド部及び信頼性評価試験装置 10 との接続用パッド部の表面に形成し、ワイヤーボンディング装置を用いて尖塔状の金バンブを形成してコンタクタを得た。

【0094】

比較例 1

本比較例では基板の材料として炭素繊維を使用した。例えば、炭素繊維（東レ製 T-300 相当品：繊維径 $15 \mu\text{m}$ ）とフェノール樹脂と混合し、窒素ガス中、 1000°C の温度下、 19.6 Pa の圧力でホットプレスし、平面方向の熱膨張率が $0.9 \text{ ppm} / ^\circ\text{C}$ の炭素基板を耐熱性基板として得た。この炭素基板にガラスペースト（昭栄化学工業（株）製 G-523N）を塗布し、 600°C で 1 時間焼成して表面に厚さ $2 \mu\text{m}$ のシリコン酸化膜を形成した。

【0095】

スパッタリング装置を用いて耐熱性基板の表面に銅をスパッタリングし、厚さ $5 \mu\text{m}$ の銅薄膜を形成した。更に、レジスト用フィルム（東京応化（株）製 DF）で銅薄膜をラミネートした後、露光、現像処理し、銅薄膜が部分的に露呈するエッチング用レジスト膜として形成した。その後、 55°C の HF / HNO_3 水溶液（ $\text{HF} / \text{HNO}_3 / \text{水} = 1 / 1 / 2$ ）を用いてエッチングレジスト膜が形成された部分以外の銅薄膜を除去した後、エッチング用レジスト膜を除去して金属銅からなる導体回路を形成した。

【0096】

次いで、スピンコート法を用いて予め粘度を $30 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ に調整した感光性カルド型ポリマーの溶液を耐熱性基板の主面全面に塗布した後、温度 150°C で20分間乾燥させて感光性カルド型ポリマーの半硬化膜からなる樹脂層を形成した。次いで、ウエハWのパッド部及び信頼性評価試験装置10のポゴピン24Aとの接続用パッド部11Eに相当する開口部部分に黒円が描画されたフォトエッチング用マスクを上記樹脂層上に載置した後、紫外線を $400 \text{ mJ}/\text{cm}^2$ の条件で照射して上記樹脂層を露光、現像処理し、ウエハWと接続するための接続用開口部及び信頼性評価試験装置10のポゴピン24Aと接続するための接続用パッド部を露出するための開口部を形成した。その後、 250°C で120分間で樹脂層を本硬化させ、絶縁性被膜11Fを形成した。更に、金メッキ浴を用いて厚さ $0.03 \mu\text{m}$ の金層をウエハWとの接続パッド部及び信頼性評価試験装置10との接続用パッド部の表面に形成してコンタクタを得た。

【0097】

比較例2

本比較例ではフェノール樹脂板を使用した以外は比較例1と同様である。このフェノール樹脂板は未硬化のフェノール樹脂をフッ素樹脂製の鋳型に入れ、 120°C で硬化させたものである。この基板の平面方向の熱膨張率は $60 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$ であった。

【0098】

上記各実施例及び各比較例で得られたコンタクタについてバンプアレイシートを用い、 25°C 及び 250°C におけるウエハWとコンタクタとのコンタクト率を求め、下記表1に示す結果を得た。下記表1に示す結果によれば、本実施例1、2のコンタクタ11はいずれも100%のコンタクト率を示し、 250°C の高温下での使用することができることが判った。これに対し、比較例1、2の場合には室温程度の温度下では100%のコンタクト率を示すが、 250°C の高温下での使用には耐え得ないことが判った。

【0099】

【表 1】

| | 25℃ | 250℃ |
|-------|------|------|
| 実施例 1 | 100% | 100% |
| 実施例 2 | 100% | 100% |
| 実施例 3 | 100% | 100% |
| 比較例 1 | 100% | 50% |
| 比較例 2 | 100% | 60% |

【0100】

尚、本発明は上記実施形態に何等制限されるものではなく、本発明の範囲内において各構成要素を適宜設計変更することができる。例えば、押圧機構 13 の押圧板 13A を断熱材によって形成し、コンタクタ 11 上面からの放熱を防止できれば補助加熱体 29C は設けなくても良い。また、本実施形態ではコンタクタ 11 とウエハ W 間に異方性導電性シート 31 が介在しているが、コンタクタ 11 のバンプとウエハ W の電極パッドが弾力的に接触する構造になっていれば、異方性導電性シート 31 は介在しなくても良い。また、本発明のコンタクタも上記実施形態に何等制限されるものではない。要は、平面方向の熱膨張率が $1 \sim 50 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$ を示す耐熱性基板を有するコンタクタは本発明に包含される。また、本発明のコンタクタは信頼性評価試験以外にも使用できることは云うまでもない。

【0101】

【発明の効果】

本発明の請求項 1 ～請求項 30 に記載の発明によれば、半導体素子をウエハレベルで信頼性評価試験を迅速且つ効率良くしかも高い信頼性を持って行うことができると共に信頼性評価試験に要する労力及び費用を格段に低減することができる。信頼性評価試験装置、信頼性評価試験システム、コンタクタ及び信頼性評価試験方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の信頼性評価試験装置の一実施形態の構成を示す図で、（a）はその要部を示す構成図、（b）はコントローラを示す斜視図である。

【図 2】

図 1 に示す信頼性評価試験装置を用いてウエハの信頼性評価試験を行う状態の要部を示す断面図である。

【図 3】

本発明のコンタクタの一実施形態を示す図で、（a）はその断面図、（b）はその平面図である。

【図 4】

本発明のコンタクタの他の実施形態を示す断面図である。

【図 5】

ウエハとコンタクタを位置合わせするアライナーの一例を示す図で、（a）はその外観を示す斜視図、（b）は固定機構を示す断面図である。

【図 6】

ウエハ搬送具を用いてシェルを吸着した状態を示す側面図である。

【図 7】

（a）は図 2 に示す押圧機構を介してコンタクタとウエハが一括接触する状態の側面を示す模式図、（b）はコンタクタが撓んだ状態を誇張して示す側面図である。

【図 8】

（a）は本発明の信頼性評価試験方法で使用されるウエハの銅配線における電極パッド部を拡大して示す断面図、（b）は従来の加熱炉を用いて行う信頼性評価試験方法で使用されるウエハの銅配線における電極パッド部を拡大して示す断面図である。

【図 9】

エレクトロマイグレーション試験に用いられるウエハ上の試験パターンを示す平面図で、（a）は片終端タイプを示す図、（b）は両終端タイプを示す図である。

【図 10】

エレクトロマイグレーション試験中の相対抵抗変化とテスト時間の関係を示すグラフである。

【図 11】

エレクトロマイグレーション試験による累積不良を示すグラフである。

【図 12】

パルス直流を用いたエレクトロマイグレーション試験において印加する電流の波形である。

【図 13】

交流を用いたエレクトロマイグレーション試験において印加する交流の波形である。

【図 14】

(a) ~ (c) はそれぞれ主拡散パスと MTF の配線幅依存性の関係を示す図である。

【図 15】

(a) は臨界長測定結果を示すグラフ、(b) は MTF の Reservoir 長依存を示すグラフである。

【図 16】

MTF、初期抵抗のウエハ分布と示す図である。

【図 17】

MTF、 σ の Juse に与える影響を示すグラフである。

【図 18】

(a) は電流のバラツキによる Juse ロスを示すグラフ、(b) は温度分布による Juse ロスを示すグラフである。

【図 19】

BT 試験 (TDD B 試験) で使用する試験パターンの一例を示す図で、(a) は上層配線のパターンを示す平面図、(b) は (a) の断面図、(c) は下層配線のパターンを示す平面図、(d) は (c) の断面図である。

【図 20】

本実施形態のコンタクタを製造する工程を示す図である。

【図 2 1】

図 2 2 に示す工程に続くコンタクタ製造工程を示す図である。

【図 2 2】

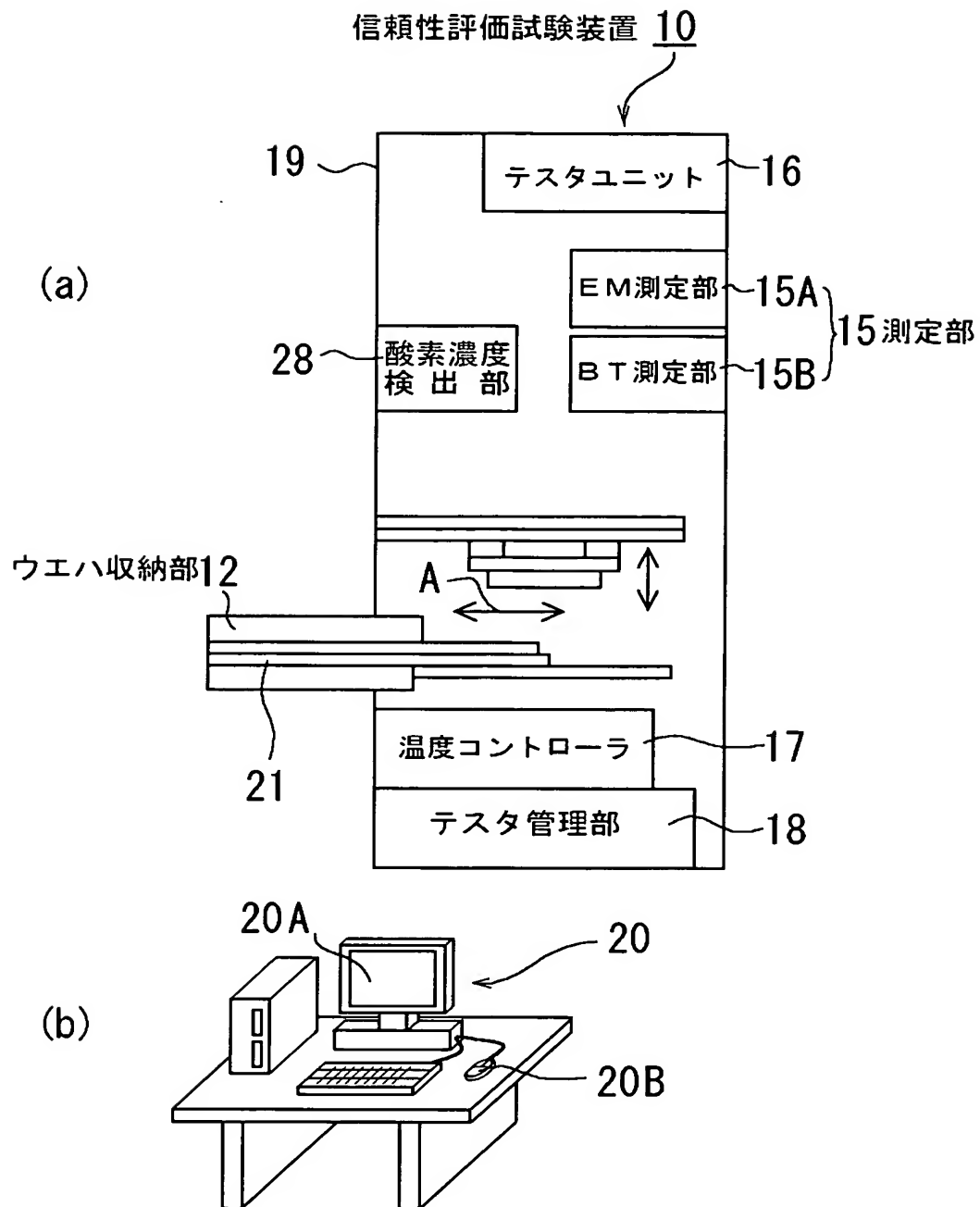
図 2 1 に示す工程に続くコンタクタ製造工程を示す図である。

【符号の説明】

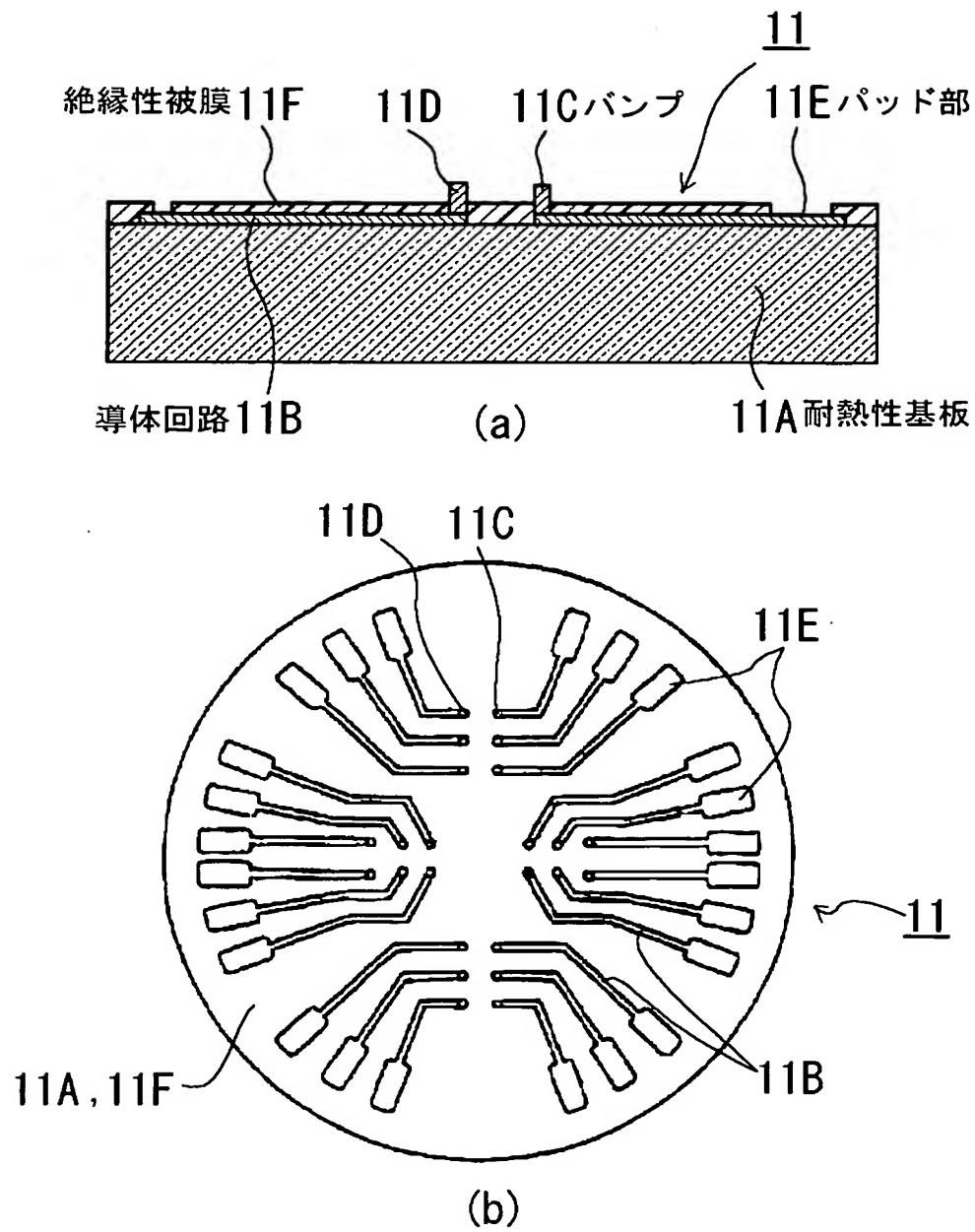
- 1 0 信頼性評価試験装置
- 1 1 コンタクタ
- 1 2 ウエハ収納部 (収納部)
- 1 3 押圧機構
- 1 3 A 押圧板
- 1 3 B 金属製ベローズ
- 1 3 C 支持板
- 1 4 加熱機構
- 1 5 測定部
- 1 5 A EM測定部
- 1 5 B BT測定部
- 2 2 載置台
- 2 2 A 給気孔 (不活性ガスを供給する手段)
- 2 4 接続リング
- 2 5 配線基板
- 2 6 シールリング (シール部材)
- 2 9 加熱体
- 2 9 A 第 1 加熱部
- 2 9 B 第 2 加熱部
- 2 9 C 補助加熱体
- 3 1 異方性導電シート
- 5 0 アライナー
- W ウエハ

【書類名】 図面

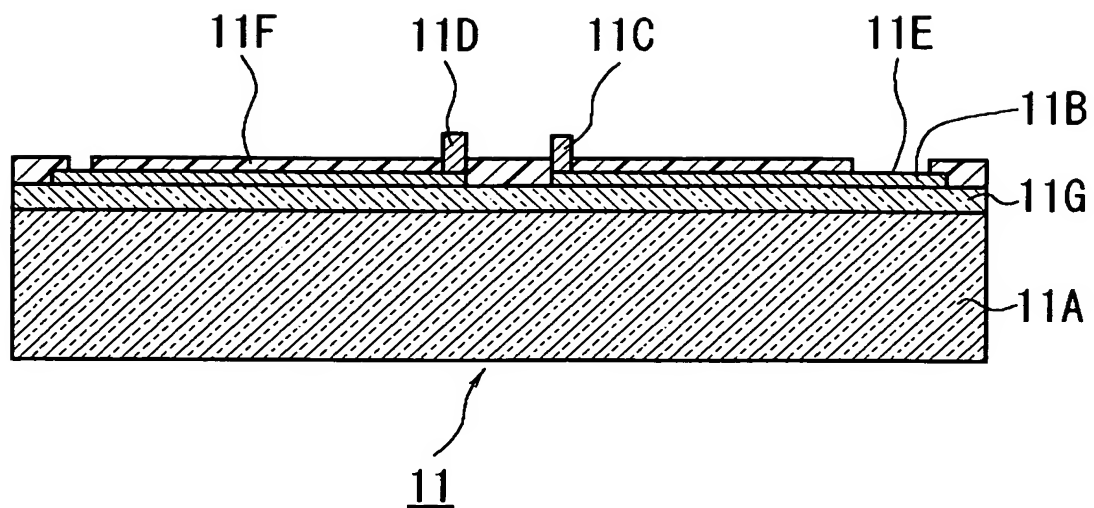
【図 1】



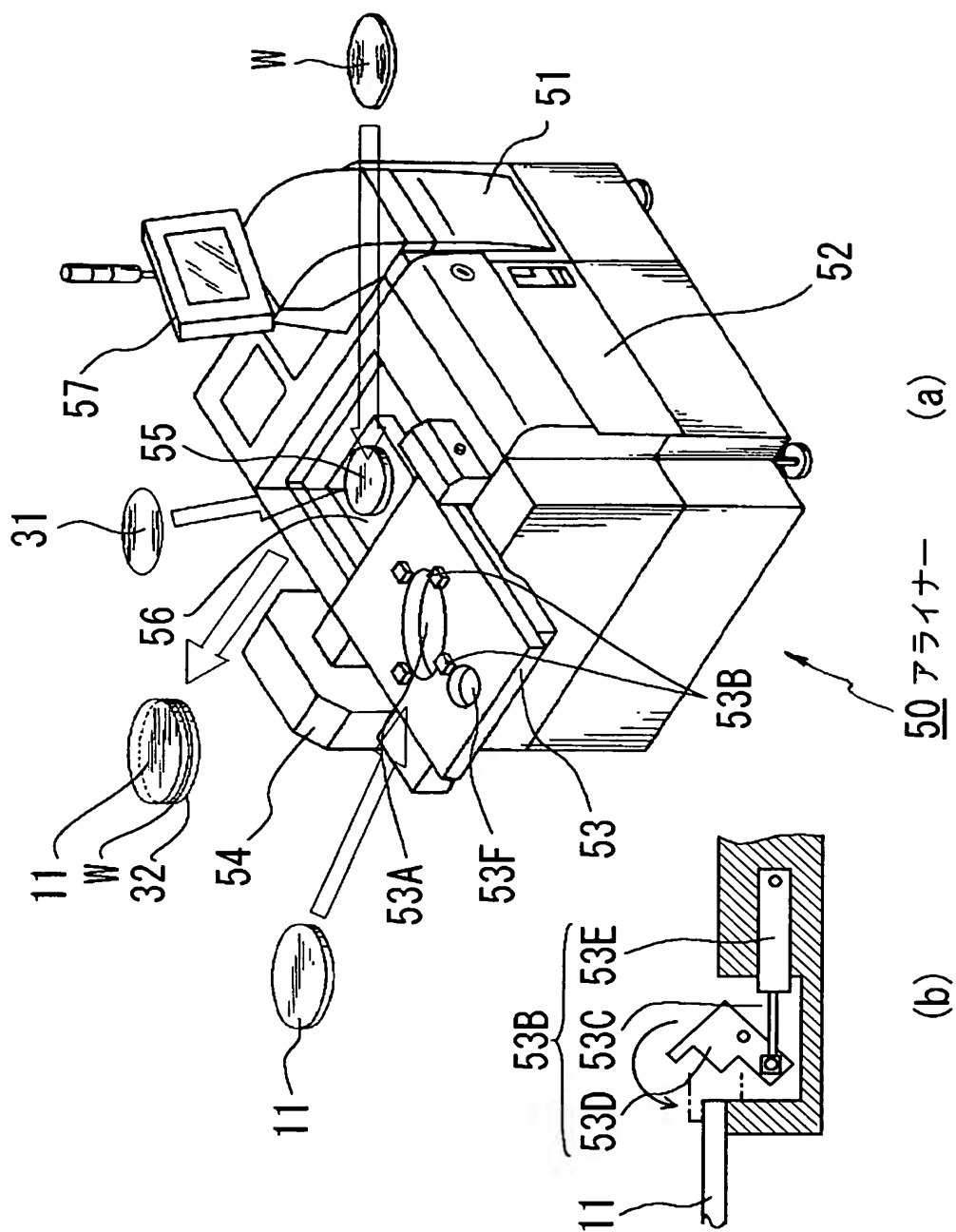
【図3】



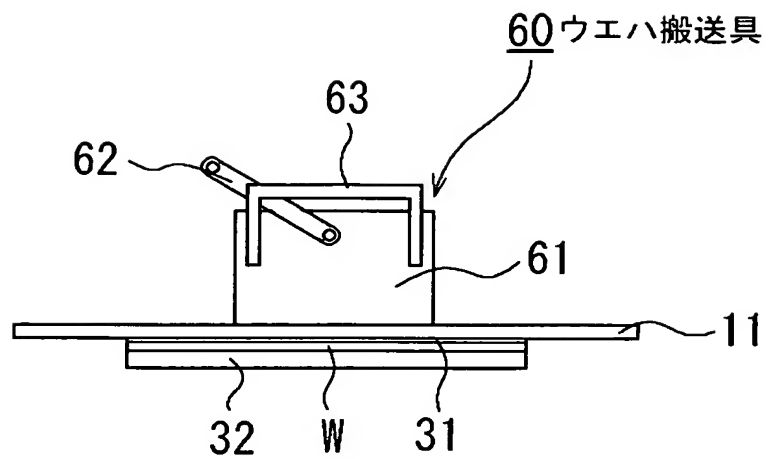
【図 4】



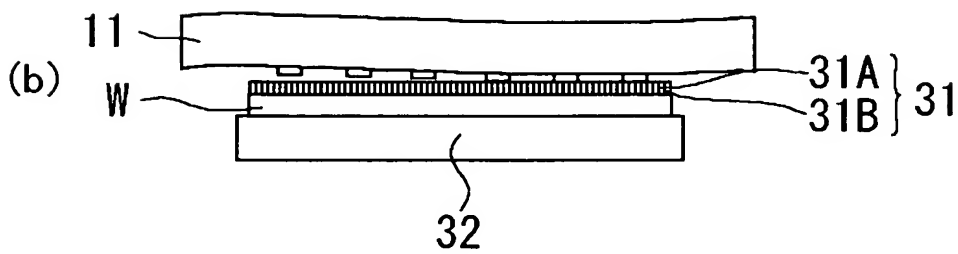
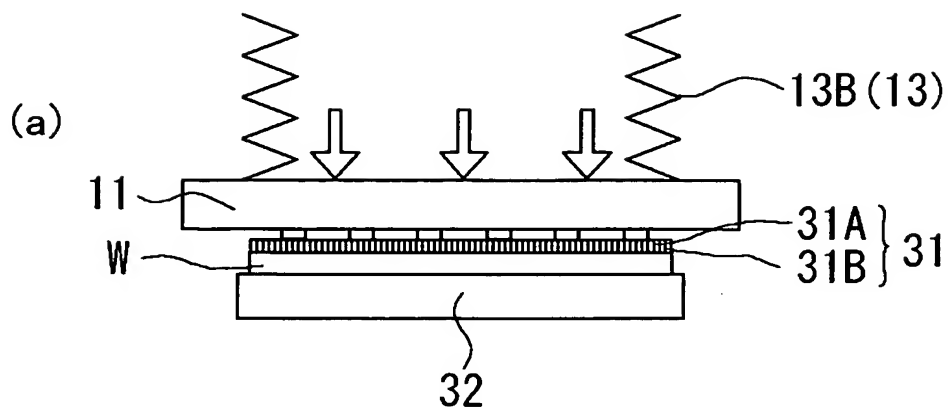
【図 5】



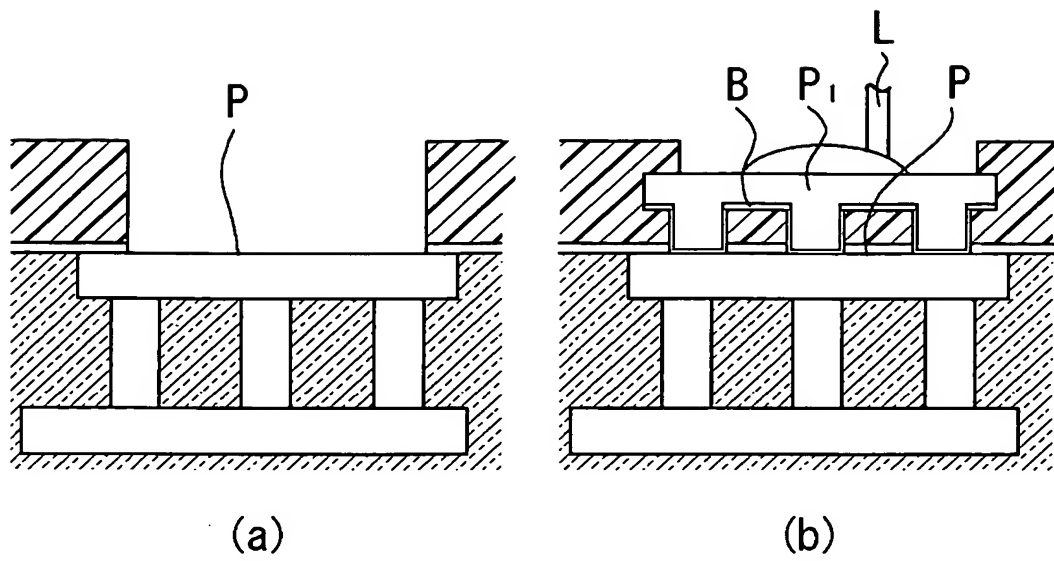
【図 6】



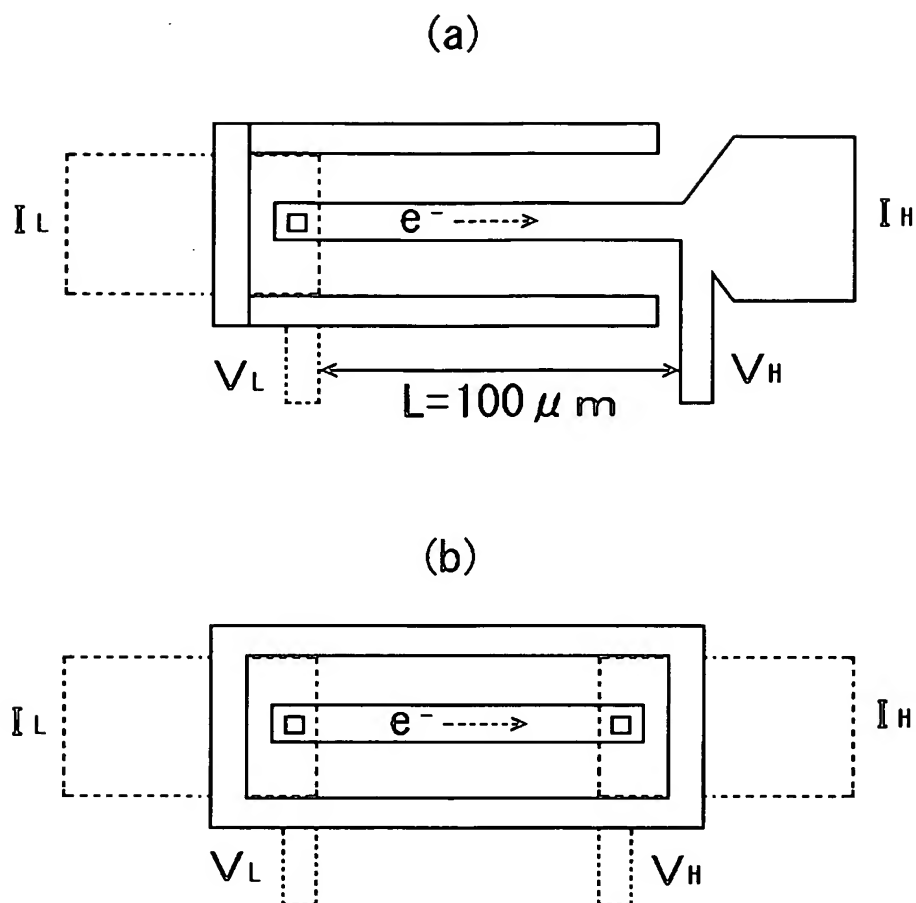
【図 7】



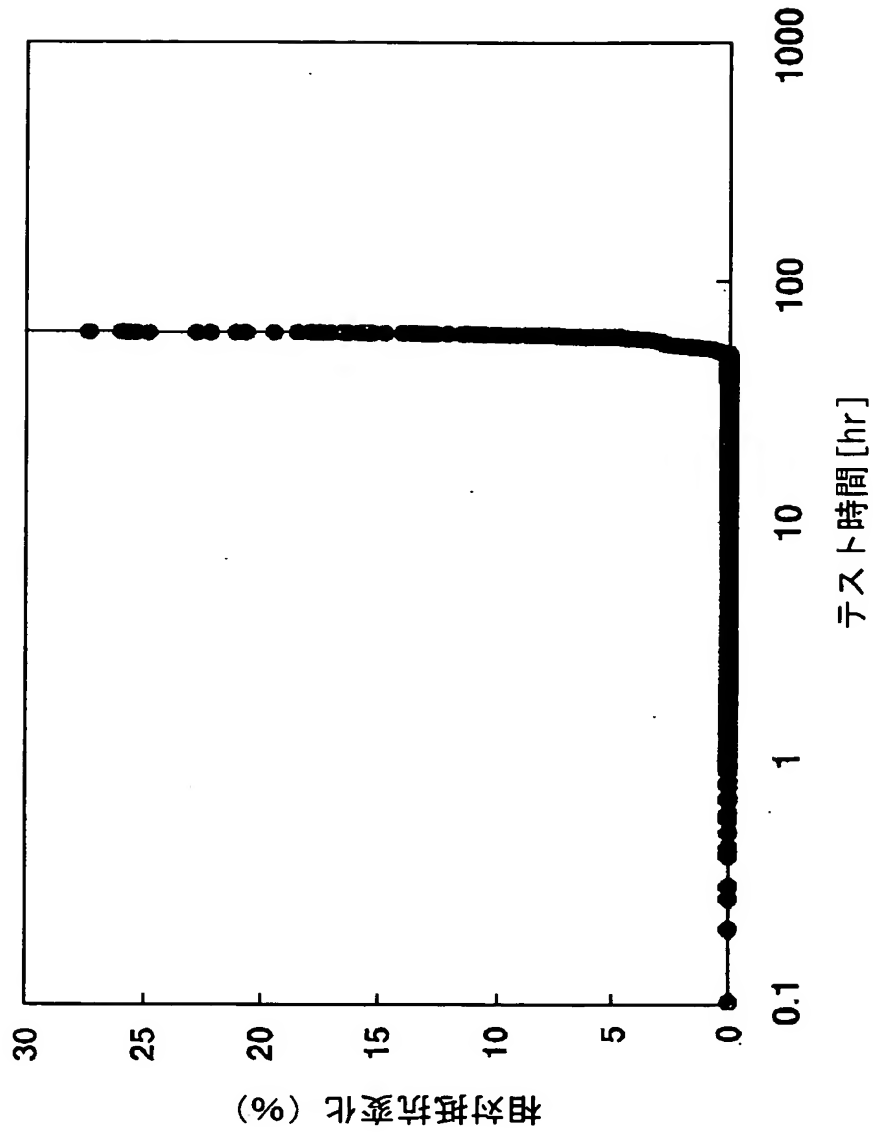
【図 8】



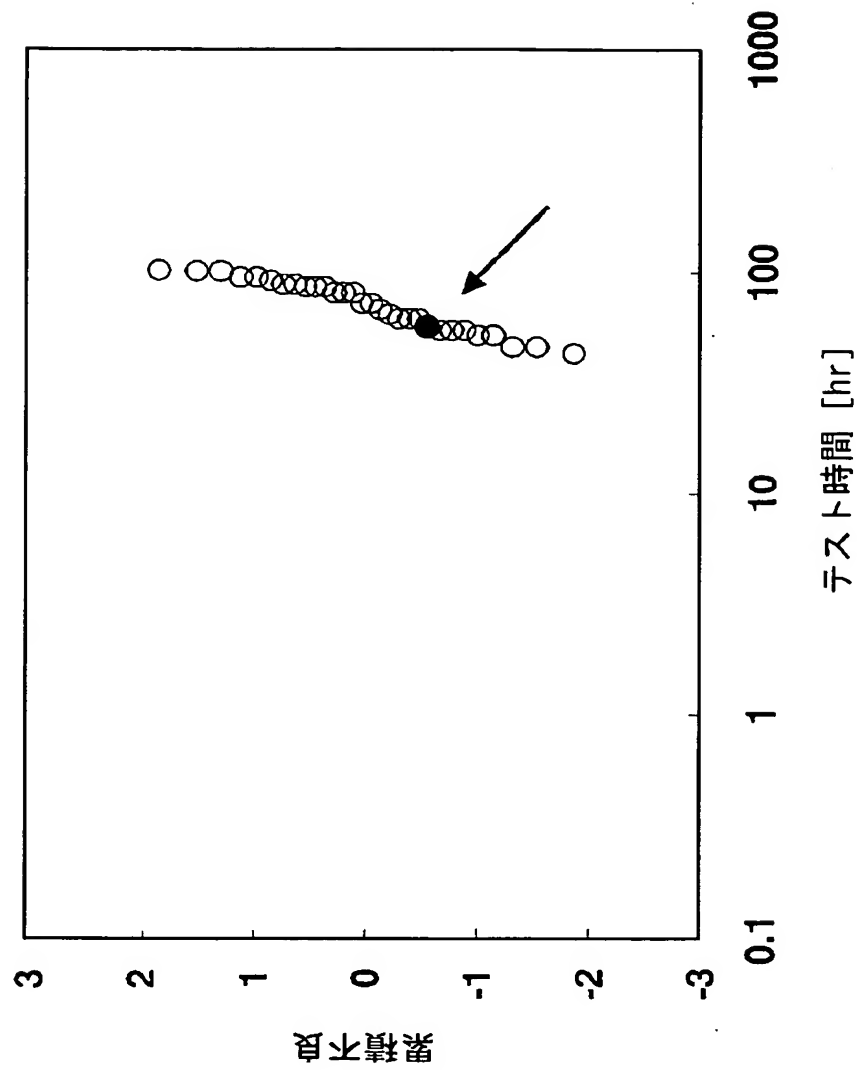
【図 9】



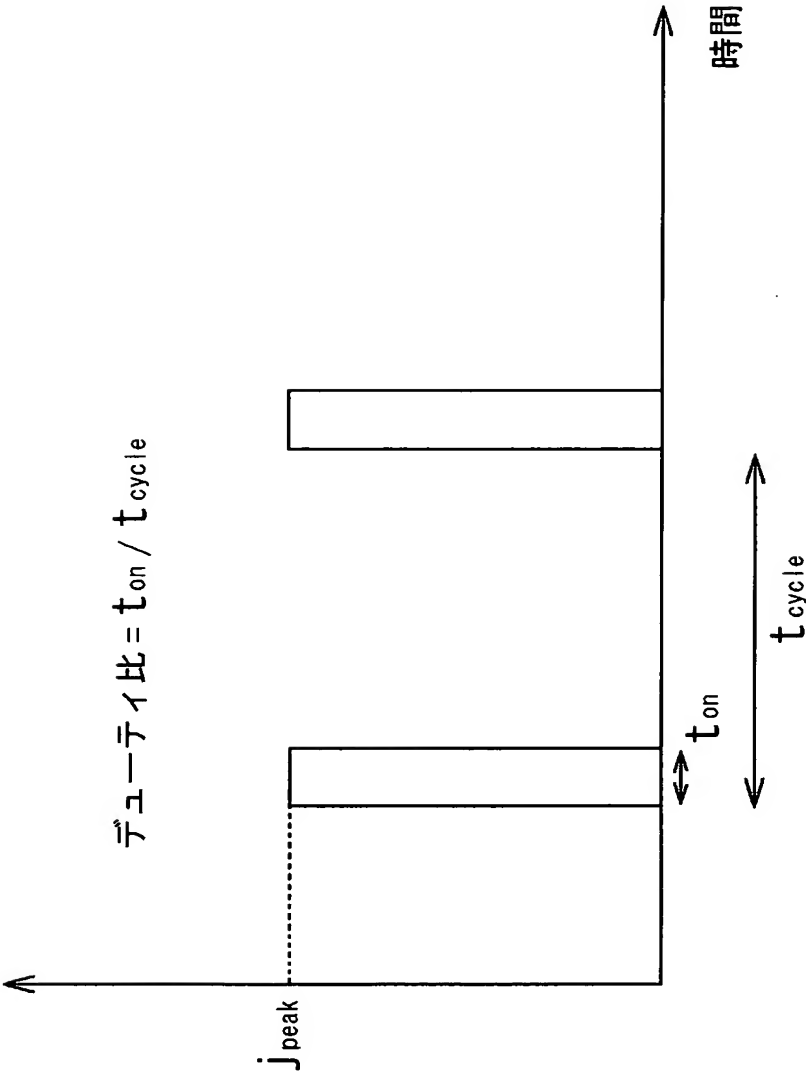
【図 10】



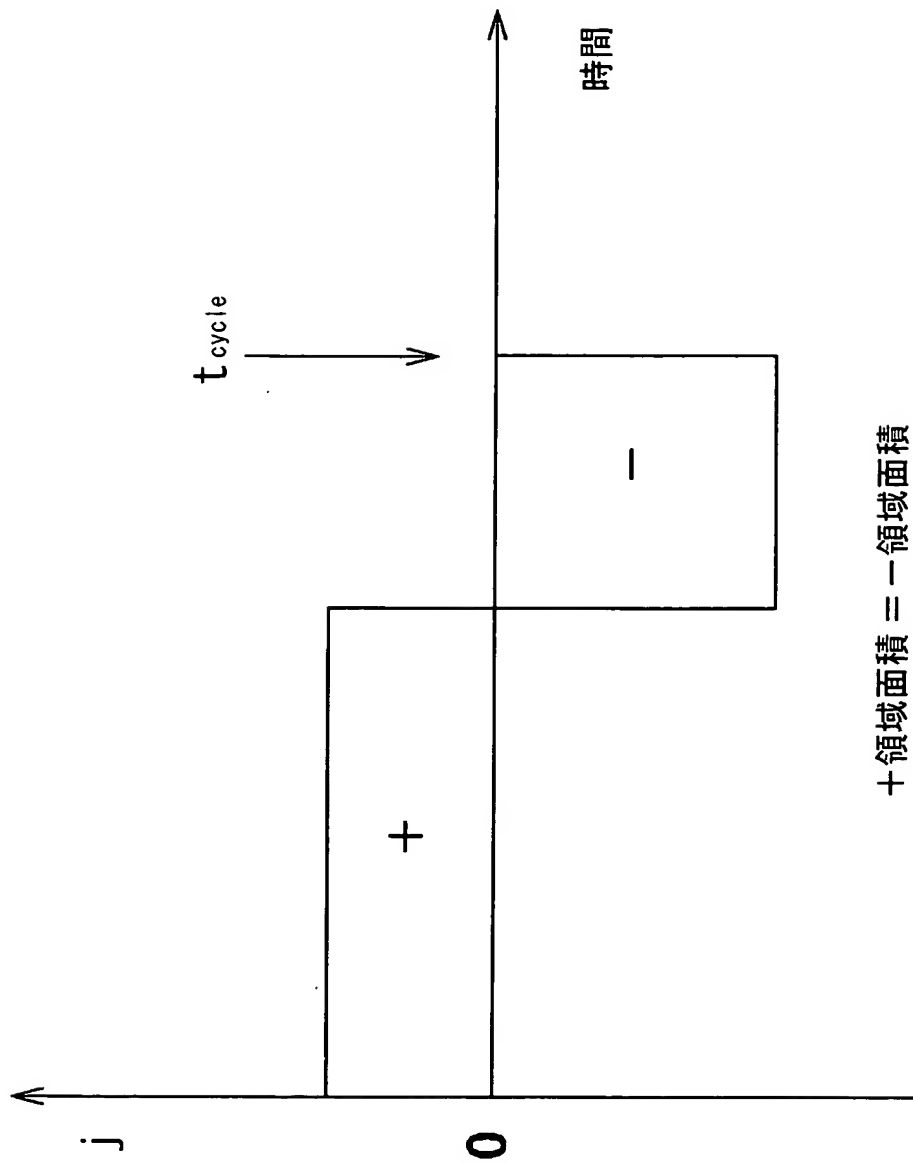
【図 11】



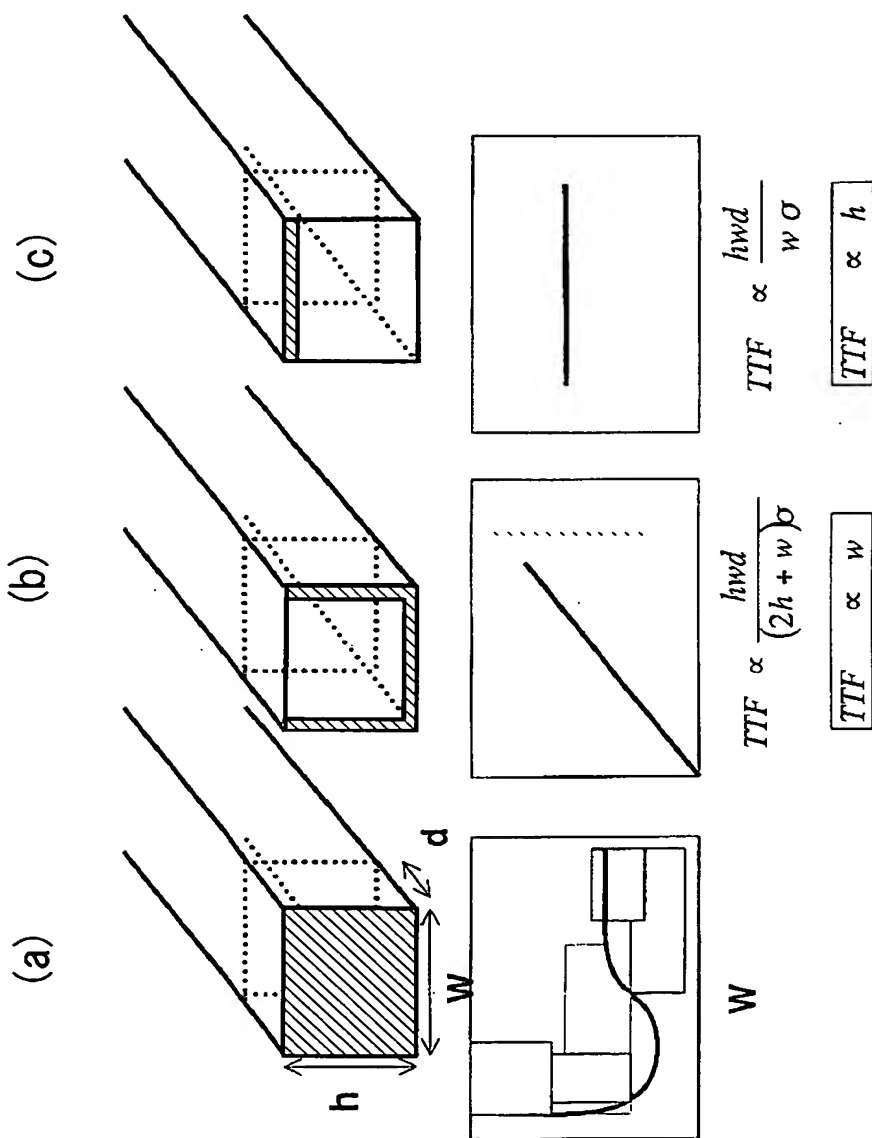
【図 12】



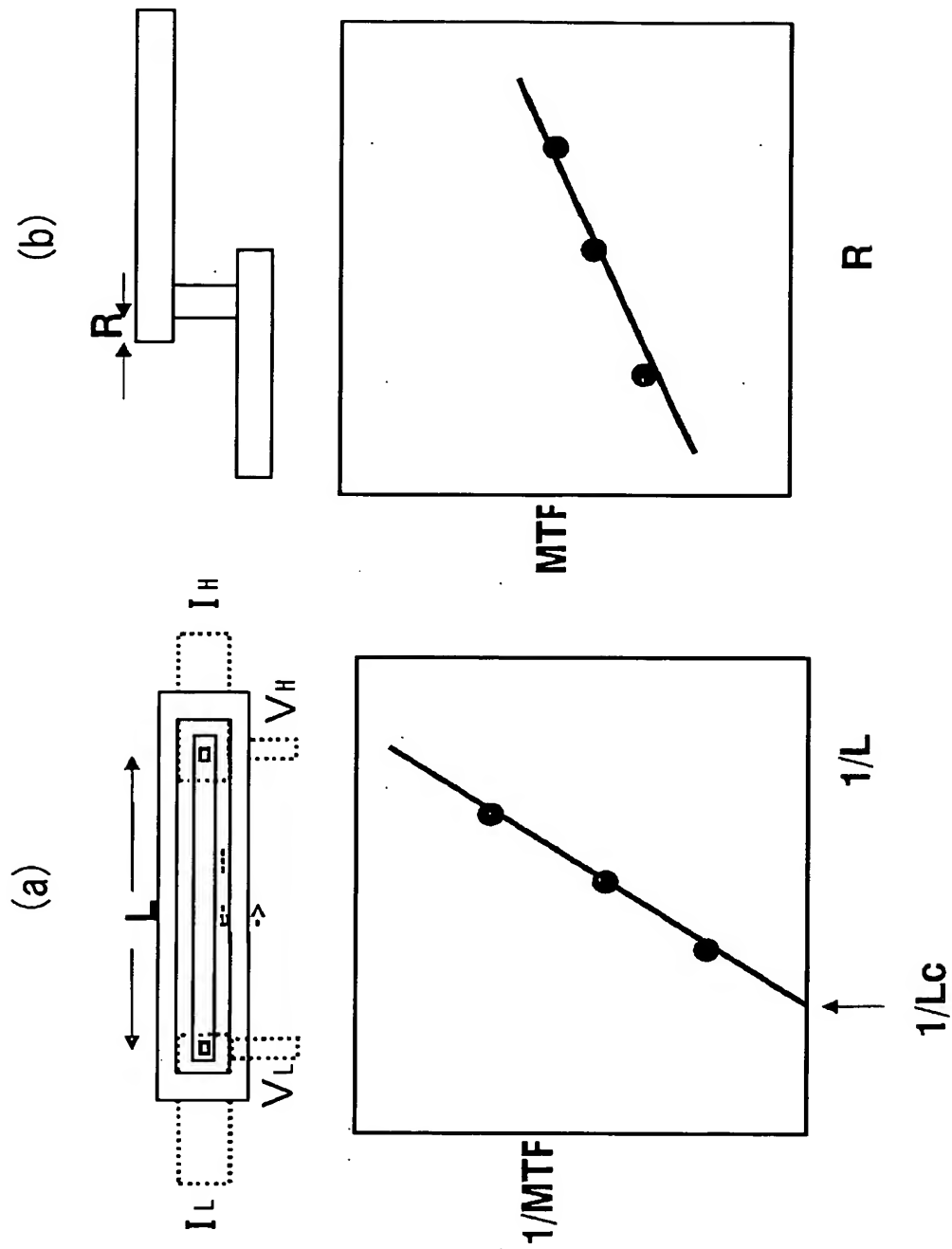
【図 13】



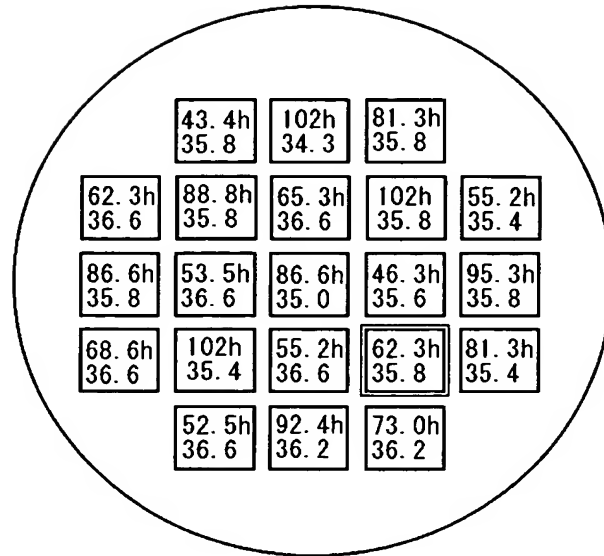
【図 14】



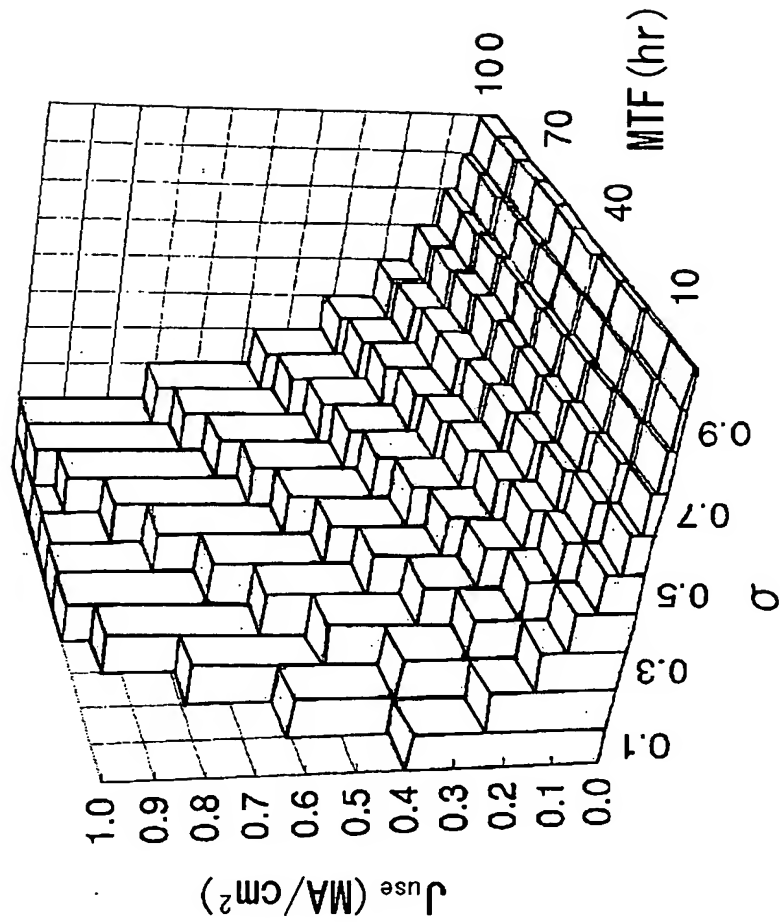
【図 15】



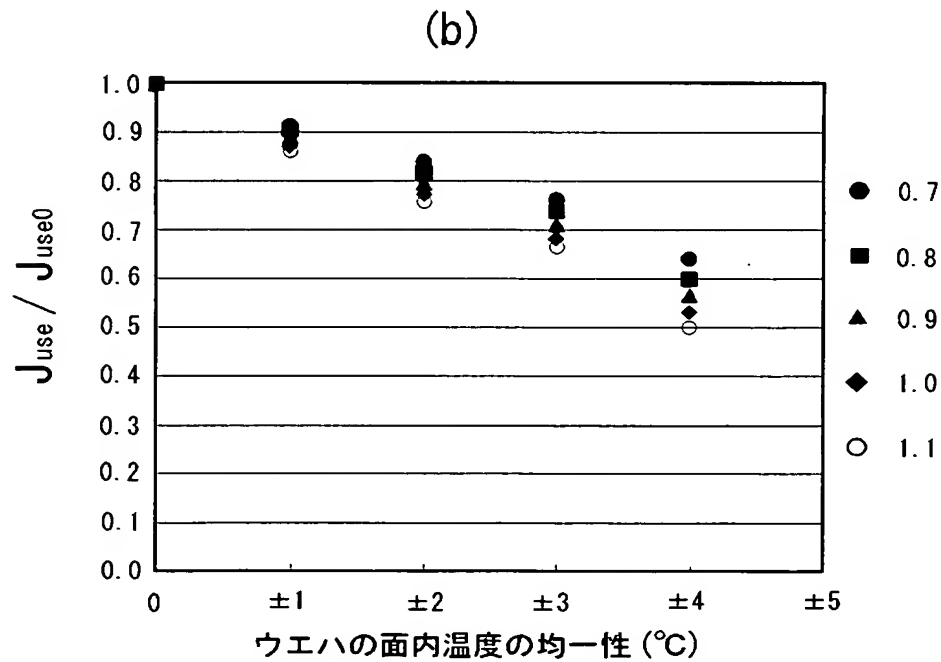
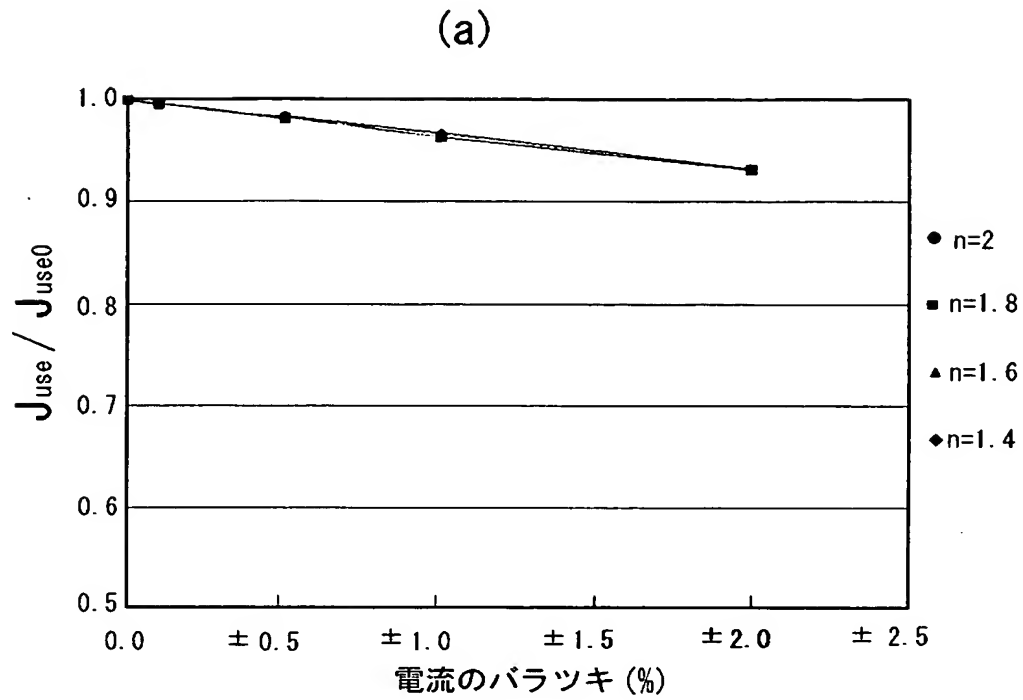
【図 16】



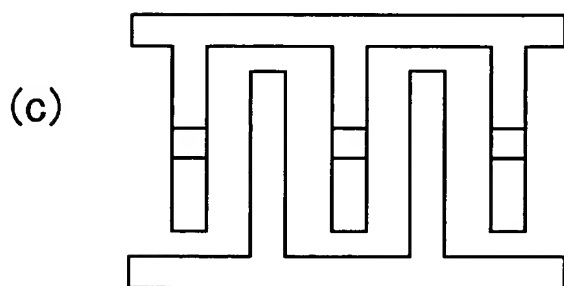
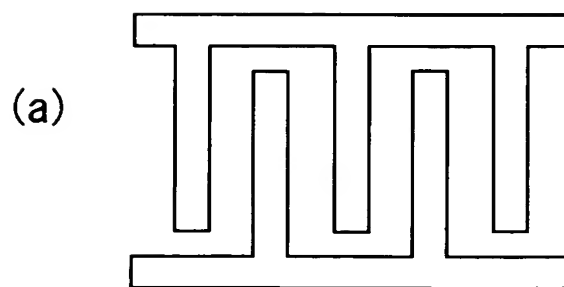
【図 17】



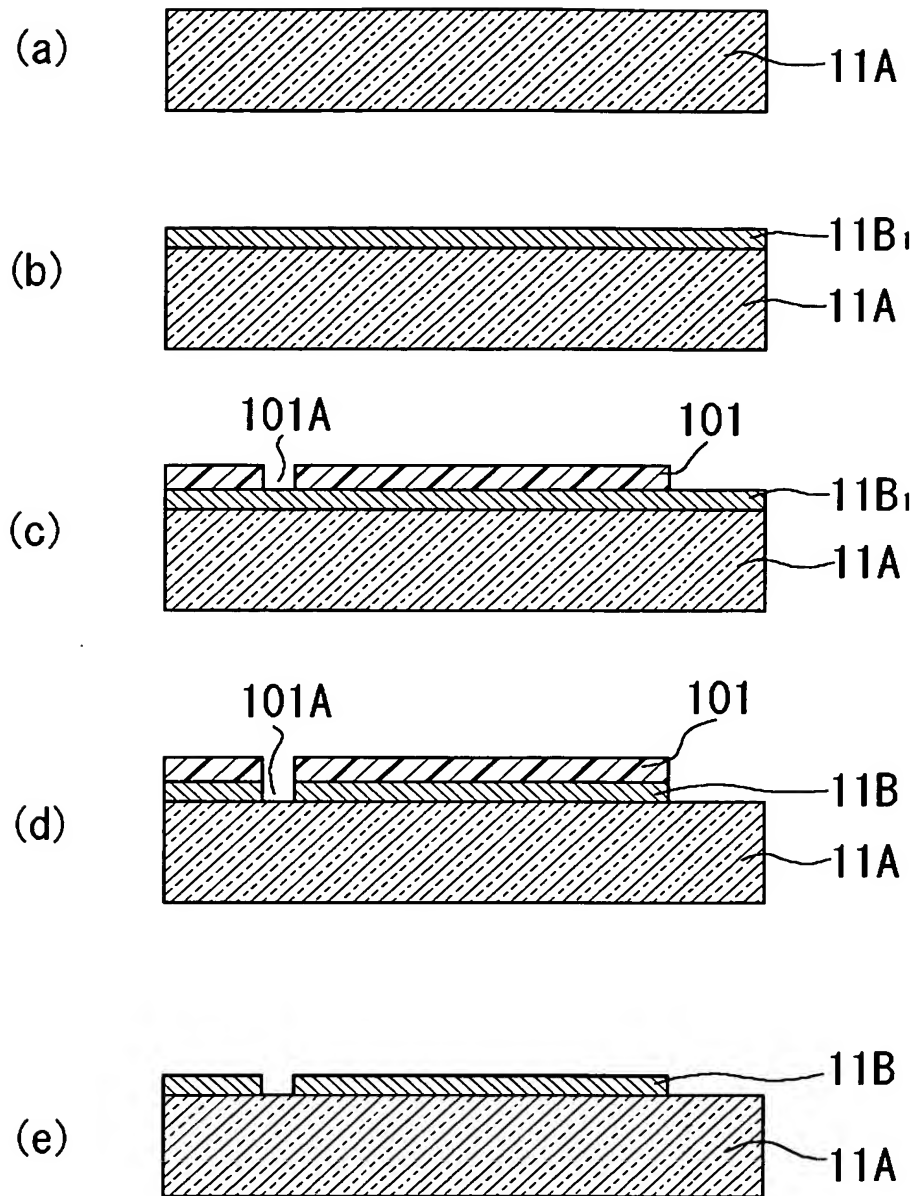
【図 18】



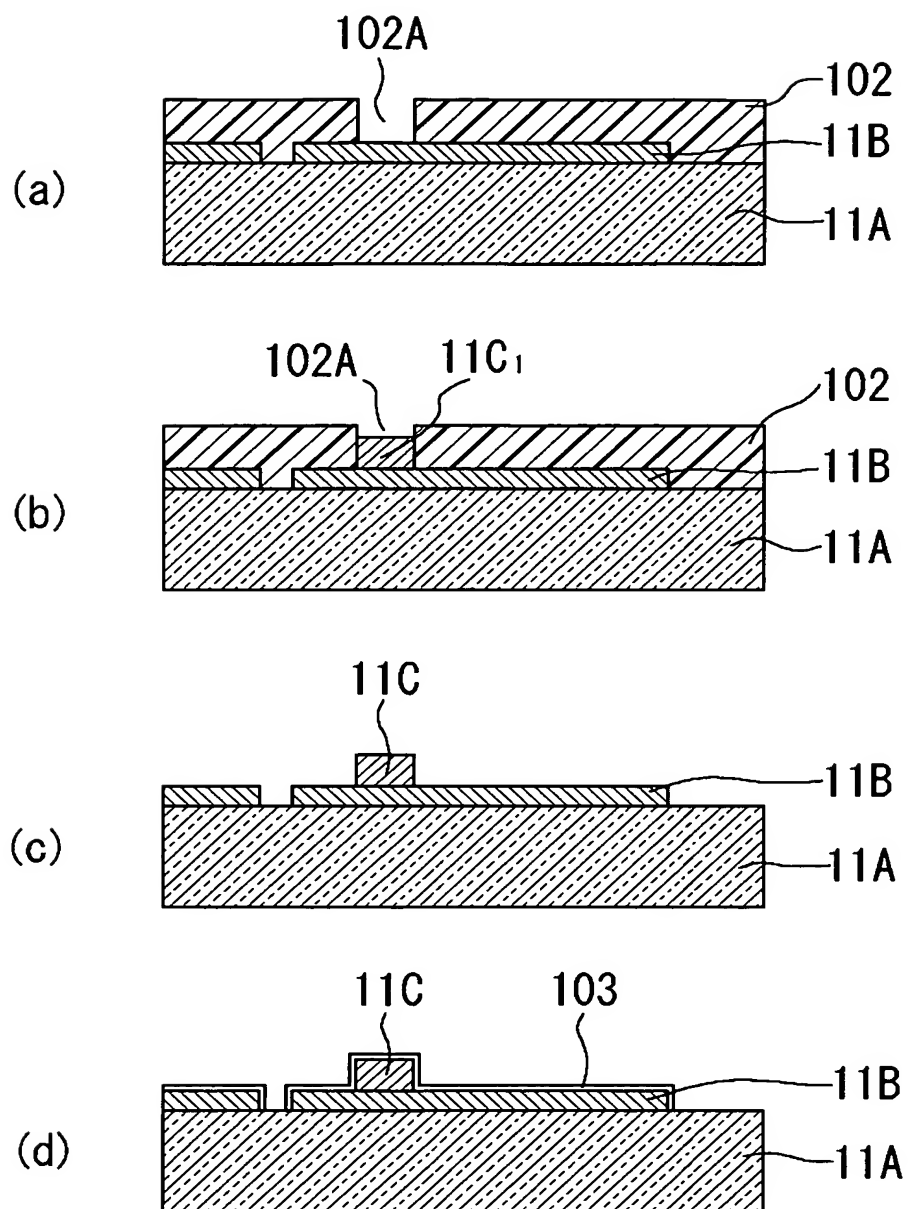
【図 1 9】



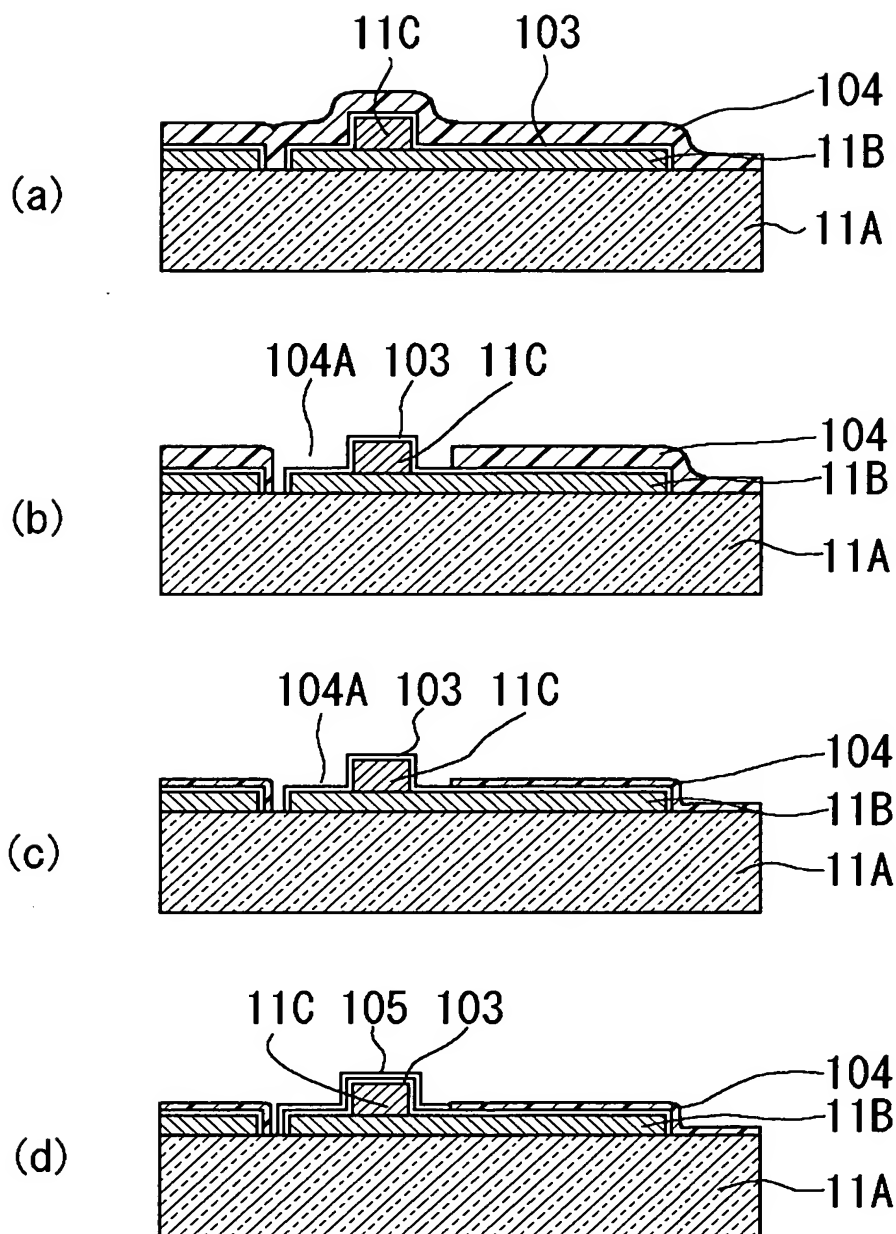
【図 20】



【図 21】



【図 22】



【書類名】 要約書**【要約】**

【課題】 従来は加熱炉で信頼性試験を行うために、ウエハをダイシングした後、試験用パッケージを用いて各デバイスをパッケージングするため、各デバイスのパッケージングまでに相当の期間と費用が必要になる。更に、従来の加熱炉では一度に数10個のパッケージしか試験を行うことができず、しかも加熱炉内で加熱空気を循環させてパッケージを目標温度まで昇温するため、目標温度までの昇温に例えば100時間以上という長時間を要する。従って、試験結果が出るまでに1～2週間という長時間が必要であった。

【解決手段】 本発明の信頼性試験装置10は、ウエハWに形成された複数のデバイスそれぞれの電極パッドとコンタクタ11の bumps を電氣的に一括接触した状態で収納し且つ測定部15との間で試験用信号を授受する気密、断熱構造のウエハ収納部12を備え、ウエハ収納部12においてコンタクタ11を押圧する押圧機構13と、この押圧機構13を介してコンタクタ11と一括接触するウエハWを所定の高温に直接加熱する加熱機構14とを有し、加速条件下で上記半導体ウエハに形成された配線膜、絶縁膜の信頼性を評価する。

【選択図】 図2

認定・付加情報

| | |
|---------|--------------------------|
| 特許出願の番号 | 特願 2 0 0 1 - 3 6 7 2 6 8 |
| 受付番号 | 5 0 1 0 1 7 6 5 7 9 1 |
| 書類名 | 特許願 |
| 担当官 | 第五担当上席 0 0 9 4 |
| 作成日 | 平成 1 3 年 1 2 月 2 0 日 |

< 認定情報・付加情報 >

【提出日】 平成13年11月30日

次頁無

出願人履歷情報

[0 0 0 2 1 9 9 6 7]

1994年 9月 5日

住所変更

東京都港区赤坂5丁目3番6号

東京エレクトロン株式会社

2003年 4月 2日

住所変更

東京都港区赤坂五丁目3番6号

東京エレクトロン株式会社

特願 2001-367268

出願人履歴情報

識別番号

[000003078]

1. 変更年月日

2001年 7月 2日

[変更理由]

住所変更

住 所

東京都港区芝浦一丁目1番1号

氏 名

株式会社東芝

特願 2001-367268

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[000000158]

1. 変更年月日

1990年 8月29日

[変更理由]

新規登録

住 所

岐阜県大垣市神田町2丁目1番地

氏 名

イビデン株式会社